КОМПАС-GEARS

Апрель 2025

Информация, содержащаяся в данном документе, может быть изменена
без предварительного уведомления.

Никакая часть данного документа не может быть воспроизведена или передана
в любой форме и любыми способами в каких-либо целях
без письменного разрешения ООО «АСКОН-Бизнес-решения».
© ООО «АСКОН-Бизнес-решения», 2025. Все права защищены.

Содержание

Общие сведения о комплексе КОМПАС-GEARS 9

Доступность функций комплекса КОМПАС-GEARS 9

Терминология 10

Цилиндрические зубчатые передачи 12

Цилиндрические зубчатые передачи внешнего зацепления ... 12

Геометрический расчет ... 13

Варианты расчета ... 13

Описание расчета ... 14

Выбор модуля и исходного контура ... 22

Выбор и расчет коэффициентов смещения ... 24

Общие сведения и приемы работы ... 25

Параметры кинематической и прочностной работоспособности зубчатой передачи ... 25

Блокирующий контур зубчатой передачи ... 25

Управление окном с блокирующим контуром ... 27

Ввод ограничений по показателям качества зацепления ... 27

Ввод данных из расчета на прочность ... 28

Интерфейс окна «Выбор и расчет коэффициентов смещения» ... 29

Область отображения результатов расчета ... 30

Расчет параметров работоспособности передачи при заданных коэффициентах смещения ... 32

Выбор произвольных значений коэффициентов смещения ... 33

Многокритериальный оптимизационный расчет зубчатого зацепления ... 34

Оптимизация исходного контура и коэффициентов смещения ... 36

Ввод ограничений по показателям качества зацепления ... 38

Ввод данных из расчета на прочность ... 38

Ввод данных из расчета на долговечность ... 39

Результаты оптимизации ... 43

Параметры черновых червячных фрез ... 45

Настройка параметров ввода данных и расчета ... 46

Расчет на прочность ... 47

Описание расчета ... 47

Выбор схемы расположения передачи ... 49

Расчет на долговечность ... 50

Проектный расчет ... 54

Описание расчета ... 54

Выбор оптимальных вариантов зубчатой передачи ... 60

Ввод геометрических ограничений ... 62

Восстановительный расчет ... 62

Ввод общих исходных данных ... 63

Замеры диаметров шестерни ... 64
Замеры диаметров колеса ... 65
Замеры межосевого расстояния ... 66
Определение угла наклона зубьев на делительном цилиндре ... 66
– при помощи угломера ... 66
– по отпечатку ... 67
Определение основного нормального шага (шага зацепления) ... 68
– по двум измерениям длины общей нормали ... 68
– по двум измерениям размера по роликам ... 69
– по двум измерениям хорды ... 70
Выбор модуля (питча) и угла профиля ИК ... 71
Цилиндрические зубчатые передачи внутреннего зацепления ... 72
Геометрический расчет ... 73
Варианты расчета ... 73
Описание расчета ... 74
Расчет на прочность ... 81
Описание расчета ... 81
Выбор схемы расположения передачи ... 83
Расчет на долговечность ... 84
Винтовые эвольвентные передачи ... 88
Геометрический расчет ... 89
Описание расчета ... 90
Выбор модуля ... 97
Реечные цилиндрические зубчатые передачи ... 98
Геометрический расчет ... 99
Варианты расчета ... 99
Описание расчета ... 100
Выбор модуля ... 107
Расчет на прочность ... 109
Описание расчета ... 109
Расчет на долговечность ... 111
Плоскоцилиндрические зубчатые передачи ... 115
Геометрический расчет ... 116
Выбор модуля ... 121
Цилиндрическая передача внешнего зацепления с арочными зубьями ... 123
Геометрический расчет ... 124
Варианты расчета ... 124
Описание расчета ... 125
Выбор и расчет коэффициентов смещения ... 130
Выбор произвольных значений коэффициентов смещения ... 131
Конические и гипоидные передачи 132
Коническая передача с круговыми зубьями ... 132
Геометрический расчет ... 133
Варианты расчета ... 134
Описание расчета ... 134
Выбор модуля ... 141
Выбор исходного контура ... 142
Расчет угла наклона для радиально-спиральных колес ... 143
Осевая форма зуба ... 144

Тип и параметры зуборезной головки ... 145
Подбор-расчёт исходных данных под заданный развод резцов ... 148
Ввод диаметра вершин со срезом ... 149
Способы определения углов головки зуба ... 150
Расчет на прочность ... 150
Описание расчета ... 150
Выбор схемы расположения передачи ... 152
Расчет на долговечность ... 153
Расчет наладок ... 157
Коническая передача с прямыми зубьями ... 158
Геометрический расчет ... 159
Варианты расчета ... 159
Описание расчета ... 160
Выбор модуля ... 164
Ввод диаметра вершин со срезом ... 166
Расчет на прочность ... 167
Описание расчета ... 167
Выбор схемы расположения передачи ... 170
Расчет на долговечность ... 171
Коническая передача с тангенциальными зубьями ... 175
Геометрический расчет ... 176
Варианты расчета ... 177
Описание расчета ... 177
Выбор модуля ... 181
Осевая форма зуба ... 183
Ввод диаметра вершин со срезом ... 183
Коническая передача внутреннего зацепления с прямыми зубьями ... 184
Геометрический расчет ... 185
Выбор модуля ... 189
Ввод диаметра вершин со срезом ... 191
Гипоидная передача ... 191
Геометрический расчет ... 192
Ввод диаметра вершин со срезом ... 196
Расчет на прочность ... 197
Червячные передачи 200
Червячная цилиндрическая передача ... 200
Геометрический расчет ... 201
Варианты расчета ... 201
Описание расчета ... 202
Выбор модуля и коэффициента диаметра червяка ... 206
Расчет на прочность ... 207
Описание расчета ... 208
Материал венцов червячных колес ... 208
Расчет на теплостойкость ... 210
Ортогональная червячная передача ... 213
Геометрический расчет ... 214
Методика расчета ... 214
Варианты расчета ... 216
Описание расчета ... 216
Выбор модуля и коэффициента диаметра червяка ... 223

Расчет на прочность и износостойкость ... **224**
Глобоидная червячная передача ... **225**
Геометрический расчет ... **226**
Червячно-реечная передача (Цилиндрический червяк - Зубчатая рейка) ... **229**
Геометрический расчет ... **230**
Выбор модуля и параметров исходного контура ... 232
Червячно-реечная передача (Цилиндрический червяк - Червячная рейка) ... **233**
Геометрический расчет ... **234**
Выбор модуля и исходного контура ... 236

Часовые передачи 237

Цилиндрические зубчатые передачи с часовым профилем ... **238**
Геометрический расчет ... **239**
Выбор модуля ... 241
Цевочные часовые передачи ... **243**
Геометрический расчет ... **243**
Выбор модуля ... 245

Планетарные передачи 246

Геометрический расчет ... **247**
Расчет коэффициентов смещения ... **253**
Расчет на прочность ... **255**
Расчет на долговечность ... **257**

Передачи Новикова 261

Геометрический расчет ... **262**
Выбор модуля ... **267**
Выбор и расчет коэффициентов смещения ... **269**
Интерфейс окна «Расчет и выбор коэффициентов смещения» ... 269
Расчет параметров работоспособности передачи при заданных коэффициентах смещения ... 270
Выбор произвольных значений коэффициентов смещения ... 271
Расчет на прочность ... **271**
Описание расчета ... **271**
Выбор схемы расположения передачи ... **273**
Расчет на долговечность ... **274**

Цепные и ременные передачи 278

Расчеты цепной передачи с приводной роликовой и втулочной цепью ... **278**
Геометрический расчет ... **279**
Описание расчета ... 279
Обозначение цепи ... 281
Проектный расчет ... **283**
Описание расчета ... 283
Список подобранных передач ... 285
Работоспособность ... **286**

Расчеты цепной передачи с зубчатой приводной цепью ... **286**
Геометрический расчет ... **287**
Описание расчета ... 287
Обозначение цепи ... 289
Проектный расчет ... **289**
Описание расчета ... 289
Список подобранных передач ... 292
Расчеты клиноременной передачи ... **292**
Проверочный расчет ... **293**
Описание расчета ... 293
Формирование списка ремней для поиска ... 295
Список подобранных передач ... 297
Проектный расчет ... **298**
Описание расчета ... 298
Список подобранных передач ... 300
Подбор параметров шкивов ... **301**
Расчеты зубчатоременной передачи ... **303**
Геометрический расчет ... **304**
Выбор зубчатого ремня ... 306
Проектный расчет ... **308**
Выбор оптимальных вариантов передачи ... 309
Формирование списка ремней для поиска ... 310
Расчет на прочность ... **312**
Расчеты плоскоременной передачи ... **313**
Проверочный расчет ... **314**
Список подобранных передач ... 316
Проектный расчет ... **317**
Список подобранных передач ... 318
Подбор параметров шкивов ... **319**
Цевочные передачи **320**
Геометрический расчет ... **321**
Варианты расчета ... **321**
Описание расчета ... **322**
Муфты **324**
Расчеты зубчатой соединительной муфты ... **325**
Геометрический расчет ... **325**
Описание расчета ... 325
Выбор муфты-прототипа ... 332
Расчет на прочность ... **333**
Проектный расчет ... **335**
Описание расчета ... 335
Управление результатами расчета ... 337
Расчеты зубчатой глухой муфты ... **337**
Геометрический расчет зубчатой глухой муфты ... **338**
Планетарно-цевочные передачи **344**
Геометрический расчет ... **345**
Выбор типа подшипника ... **348**

Выбор экземпляра подшипника ... 348
Поиск подшипника по номеру ... 350

Шестерённый насос внешнего зацепления 352

Геометрический расчет ... 353
Выбор модуля и исходного контура ... 359
Расчет производительности насоса ... 361
Выбор перекачиваемой жидкости ... 362
Добавление жидкости ... 364

Общие приемы работы 364

Управление исходными данными ... 365
Выбор степени точности, вида сопряжения и вида допуска на боковой зазор ... 366
Добавление степени точности ... 367
Выбор параметров зуборезного инструмента ... 369
Долбяки ... 369
Долбяк ... 369
Нестандартный долбяк ... 370
Добавление нового долбяка в список нестандартных долбяков ... 371
Червячные фрезы ... 372
Чистовая червячная фреза ... 372
Мелкомодульная червячная фреза ... 373
Чистовая червячная фреза для зубчатых колес передач Новикова ... 374
Нестандартная червячная фреза ... 374
Дисковые фрезы ... 375
Дисковая фреза ... 376
Мелкомодульная дисковая фреза ... 376
Нестандартная дисковая фреза ... 377
Выбор диаметра измерительного ролика (шарика) ... 378
Управление списком пользовательских значений ... 379
Визуализация работы зубчатого зацепления ... 380

Общие сведения о комплексе КОМПАС-GEARS

«Модуль расчетов механических передач КОМПАС-GEARS» *(далее Модуль расчетов механических передач, КОМПАС-GEARS)* включает в себя комплекс программ, предназначенных для выполнения расчета геометрических и прочностных параметров механических передач:

- цилиндрических зубчатых передач 12;
- конических и гипоидных передач 132;
- червячных передач 200;
- часовых передач 237;
- планетарных передач 246;
- передачи Новикова 261;
- цепных и ременных передач 278;
- цевочных передач 320;
- муфт 324;
- планетарно-цевочных передач 344;
- шестерённых насосов внешнего зацепления 352.



Внимание! Доступность функций 9 модуля *КОМПАС-GEARS* зависит от комплекта системы *Валы и механические передачи 2D*, используемом на компьютере.

Доступность функций комплекса КОМПАС-GEARS

Доступность функций, связанных с проектированием элементов механических передач, зависит от комплекта системы *Валы и механические передачи 2D*, используемом на компьютере.
Существует четыре комплекта системы *Валы и механические передачи 2D*: **Базовый**, **Дополнительный**, **Часовые механизмы** и **Зуборезный инструмент**. Функционал **Базового** комплекта доступен всегда, остальные комплекты могут дополнять **Базовый** в любых сочетаниях.

Базовый комплект позволяет проектировать следующие типы механических передач:

- цилиндрическую передачу внешнего зацепления 12 (за исключением выполнения восстановительного расчёта);
- цилиндрическую передачу внутреннего зацепления 72;
- планетарную зубчатую передачу Джеймса с одновенцовыми сателлитами 246;
- винтовую эвольвентную зубчатую передачу 88;
- реечную цилиндрическую зубчатую передачу 98;
- коническую передачу с прямыми зубьями 158;
- червячную цилиндрическуюй передачу 200;
- роликовую цепную передачу 278;
- клиноременную передачу 292;
- плоскоременную передачу 313;
- зубчатую глухую муфту 337.

Дополнительный комплект позволяет проектировать следующие типы механических передач:

- коническую передачу с круговыми зубьями 132;
- коническую передачу с тангенциальными зубьями 175;
- коническую передачу внутреннего зацепления с прямыми зубьями 184;
- гипоидную передачу 191;
- передачу Новикова 261;
- ортогональную передачу «Цилиндрический червяк – Цилиндрическое косозубое колесо» 213;
- червячно-реечную передачу «Цилиндрический червяк - Зубчатая рейка» 229;
- червячно-реечную передачу «Цилиндрический червяк - Червячная рейка» 233;
- червячную глобоидную передачу 225;
- зубчатую соединительную муфту 325;
- зубчатоременную передачу 303;
- цевочную передачу 320;
- плоскоцилиндрическую передачу 115;
- цилиндрическую передачу внешнего зацепления с арочными зубьями 123;
- цилиндрическую передачу внешнего зацепления (возможность выполнения восстановительного расчёта 62);
- цепную передачу с зубчатой приводной цепью 286;
- планетарно-цевочную передачу 344;
- шестерённый насос внешнего зацепления 352.

Комплект **Часовые механизмы** позволяет проектировать следующие типы механических передач:

- цилиндрическую зубчатую передачу с часовым профилем 238;
- цевочную часовую передачу 243.

Комплект **Зуборезный инструмент** позволяет проектировать элементы зуборезного инструмента.

В версиях КОМПАС-3D Home и КОМПАС-3D Учебная версия доступен только Базовый комплект. Дополнительный комплект, комплекты Часовые механизмы и Зуборезный инструмент доступны в профессиональной версии КОМПАС-3D.

На каждый комплект системы *Валы и механические передачи 2D* необходима отдельная лицензия.

Терминология

В описании расчетов зубчатых передач и интерпретации их результатов используются следующие термины и понятия:

Заострение зуба

Для уменьшения размеров зубчатых передач колёса рекомендуется проектировать с минимально возможным количеством зубьев. При числе зубьев меньше 17, чтобы

исключить подрезание, колёса следует изготавливать со смещением инструмента – увеличением расстояния между инструментом и заготовкой. Но при увеличении смещения инструмента толщина зуба будет уменьшаться. Это может привести к заострению зубьев. Поэтому толщина зубьев проектируемой передачи должна быть больше минимально допустимого значения (чаще всего это 0,4*m (модуль) для поверхностно термообработанных зубьев). Уменьшение этого значения приводит к снижению прочностных характеристик передачи.

Интерференция

Интерференция – это явление обката эвольвентной поверхностью вершины зуба одного колеса по переходной кривой (выкружке) зуба другого колеса.
Очевидно, что эвольвентная поверхность одного зуба и выкружка другого зуба не являются сопряженными поверхностями. При их обкате не соблюдается заданное соотношение угловых скоростей колёс. При значительной интерференции зубья могут заклиниться. При незначительной интерференции ведомое колесо начинает ускоряться, что ведёт к появлению шума и ударов в зацеплении. При любой интерференции появляется износ, ведущий к разрушению поверхностей зубьев. В правильно спроектированной передаче интерференция должна отсутствовать.

Коэффициент торцового перекрытия

Коэффициент торцового перекрытия – параметр, который характеризует плавность работы зубчатой передачи и показывает, какое число зубьев одновременно участвует в перекрытии зацепления (насколько одна пара зубьев перекрывает работу другой).
В правильно спроектированной передаче коэффициент перекрытия больше 1. Значение коэффициента перекрытия показывает долю времени нахождения в зацеплении двух пар зубьев. Например, значение коэффициента 1,68 означает, что 68 % времени в зацеплении находится две пары зубьев. Таким образом, коэффициент перекрытия характеризует нагрузочную способность передачи, плавность её работы. При значении коэффициента перекрытия меньше допустимого значения происходит нарушение непрерывности передачи движения от предыдущей пары зубьев последующей. Это делает передачу неработоспособной.

Нормальная толщина зубьев на поверхности вершин

В соответствии с ГОСТ 19274-73 «Передачи зубчатые цилиндрические эвольвентные внутреннего зацепления. Расчет геометрии» рекомендуется:

$S_{na} \geq 0{,}3m$ – при однородной структуре материала зубьев;

$S_{na} \geq 0{,}4m$ – при поверхностном упрочнении зубьев.

Подрезание

Подрезание – это последствие нарушения закона зацепления колеса и режущего инструмента при обработке. Подрезание возникает тогда, когда профилирующая часть инструмента (прямая у рейки и эвольвента у долбяка) оказывается при обкате ниже основной окружности нарезаемого колеса. Обкат приводит к подрезанию вершиной инструмента основной части эвольвенты зуба.
В практике проектирования используется понятие «минимальный коэффициент смещения xmin». Если принимаемое значение коэффициента меньше минимально допустимого, возникнет подрезание.

Удельное скольжение профилей зубьев в нижних точках активных профилей

Наличие скольжения и давления одного профиля на другой при передачи усилий приводит к износу зубьев. Степень влияния кинематических и геометрических факторов на интенсивность износа зубьев принято выражать коэффициентом удельного скольжения.
Износостойкость передачи повышается при выравнивании значений удельных скольжений.

В описании расчетов передач Новикова используется критерий **Технологическая адаптационная способность передачи**, который оценивается результатом сравнения **технологической радиальной погрешностью изготовления и сборки** и **воспринимаемой радиальной погрешностью**.

Технологическая радиальная погрешность определяется радиальным биением шестерни и колеса, отклонением межосевого расстояния и допуском на смещение исходного контура.
Воспринимаемая радиальная погрешность – это погрешность, допускаемая передачей без ухудшения ее работы.

Технологическая погрешность должна быть меньше воспринимаемой, в противном случае площадка контакта выйдет за пределы активной поверхности зуба, следовательно, снизится нагрузочная способность передачи.

Цилиндрические зубчатые передачи

Средствами модуля *КОМПАС-GEARS* могут быть рассчитаны:

- цилиндрические зубчатые передачи внешнего зацепления 12;
- цилиндрические зубчатые передачи внутреннего зацепления 72;
- винтовые эвольвентные передачи 88;
- реечные цилиндрические зубчатые передачи 98;
- плоскоцилиндрические зубчатые передачи 115;
- цилиндрические зубчатые передачи внешнего зацепления с арочными зубьями 123.

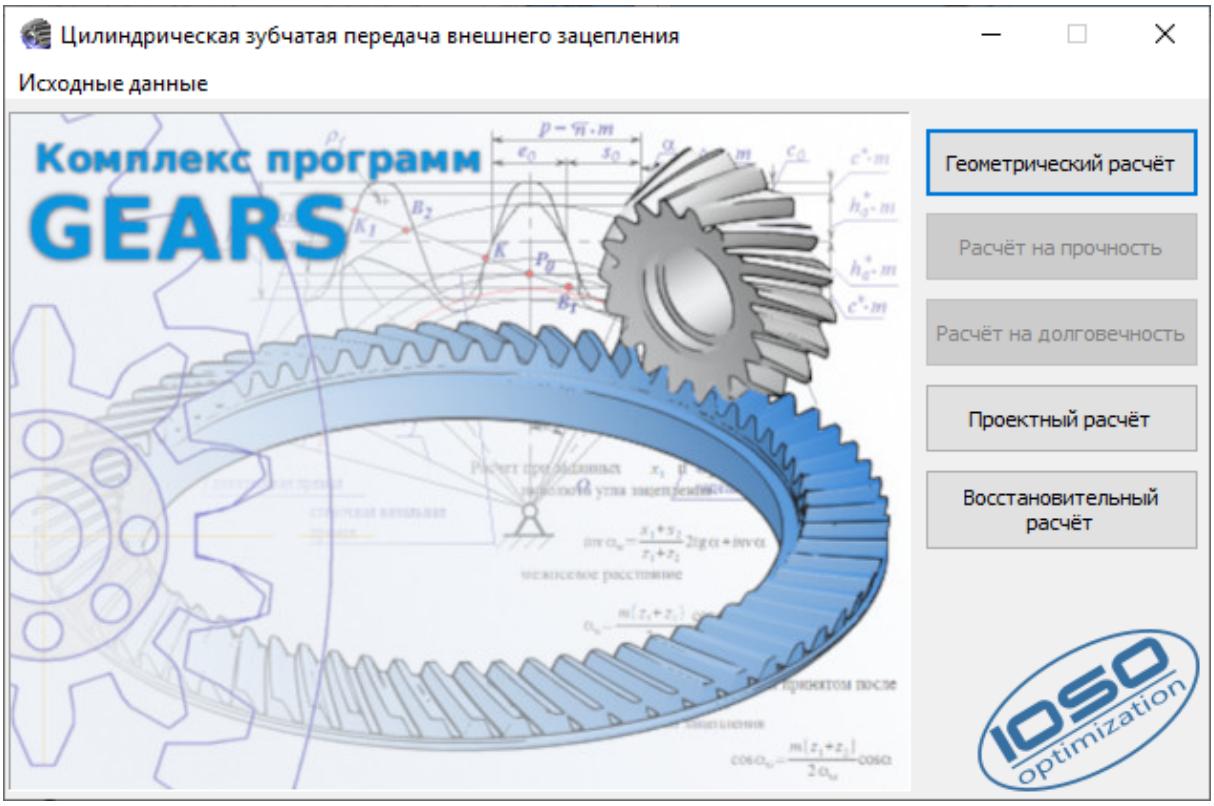
Цилиндрические зубчатые передачи внешнего зацепления

Средствами модуля *КОМПАС-GEARS* могут быть рассчитаны зубчатые цилиндрические эвольвентные передачи внешнего зацепления с постоянным передаточным отношением, зубчатые колеса которых соответствуют исходным контурам с равными делительными номинальными толщиной зуба и шириной впадины, без модификации головки зуба, при обработке колес исходной производящей рейкой или долбяком.

Предусмотрено три вида расчетов, выполняемых последовательно:

- геометрический расчет 13;
- расчет на прочность 47;
- расчет на выносливость 50,

а также проектный 54 и восстановительный 62 расчеты, которые можно выполнить на любом этапе.



Если предстоит рассчитать модель элемента механической передачи, уже созданную в системе *Валы и механические передачи 2D*, геометрические параметры этого элемента будут автоматически переданы в *Модуль расчетов механических передач*.

Линейные размеры задаются в миллиметрах, а угловые - в градусах, минутах, секундах.

Исходные данные для расчета можно сохранить в файле формата **.gear_exc_dat*. Это можно делать при помощи команды главного меню ***Исходные данные***[365] или непосредственно при выполнении расчетов. В дальнейшем сохраненные данные можно будет загружать для расчета в модуль *КОМПАС-GEARS*.

Чтобы приступить к выполнению расчета, нажмите в окне ***Расчеты цилиндрической зубчатой передачи внешнего зацепления*** соответствующую кнопку.

Геометрический расчет

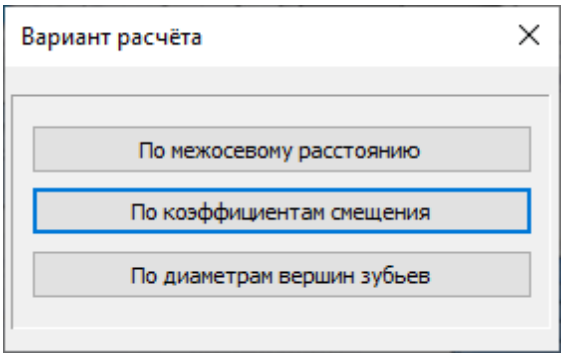
Варианты расчета[13];

Описание расчета[14];

Терминология[10].

Варианты расчета

Выберите вариант ввода исходных данных:



По межосевому расстоянию.

По заданному межосевому расстоянию ***aw*** определяется суммарный коэффициент смещения ***x***, значение которого разбивается на ***x1*** и ***x2***.

По коэффициентам смещения x1, x2.

По коэффициентам смещения ***x1*** и ***x2*** определяется межосевое расстояние ***aw***.

Начальные значения коэффициентов смещения можно:

- задать в соответствии с рекомендациями ГОСТ 16532-70:
  - при *z* > *30* ***x = 0***;
  - при *20* < *z* < *30* ***x = 0,3***;
  - при *z* < *20* ***x = 0,5***, но при этом считается минимально допустимое значение смещения ***xmin***, и в случае если ***xmin > x***, принимается ***xmin***,
- рассчитать 24 при помощи специальной методики.

По диаметрам вершин зубьев da1, da2.

По заданным диаметрам вершин зубьев и модулю определяются коэффициенты смещения ***x1*** и ***x2***.

Описание расчета

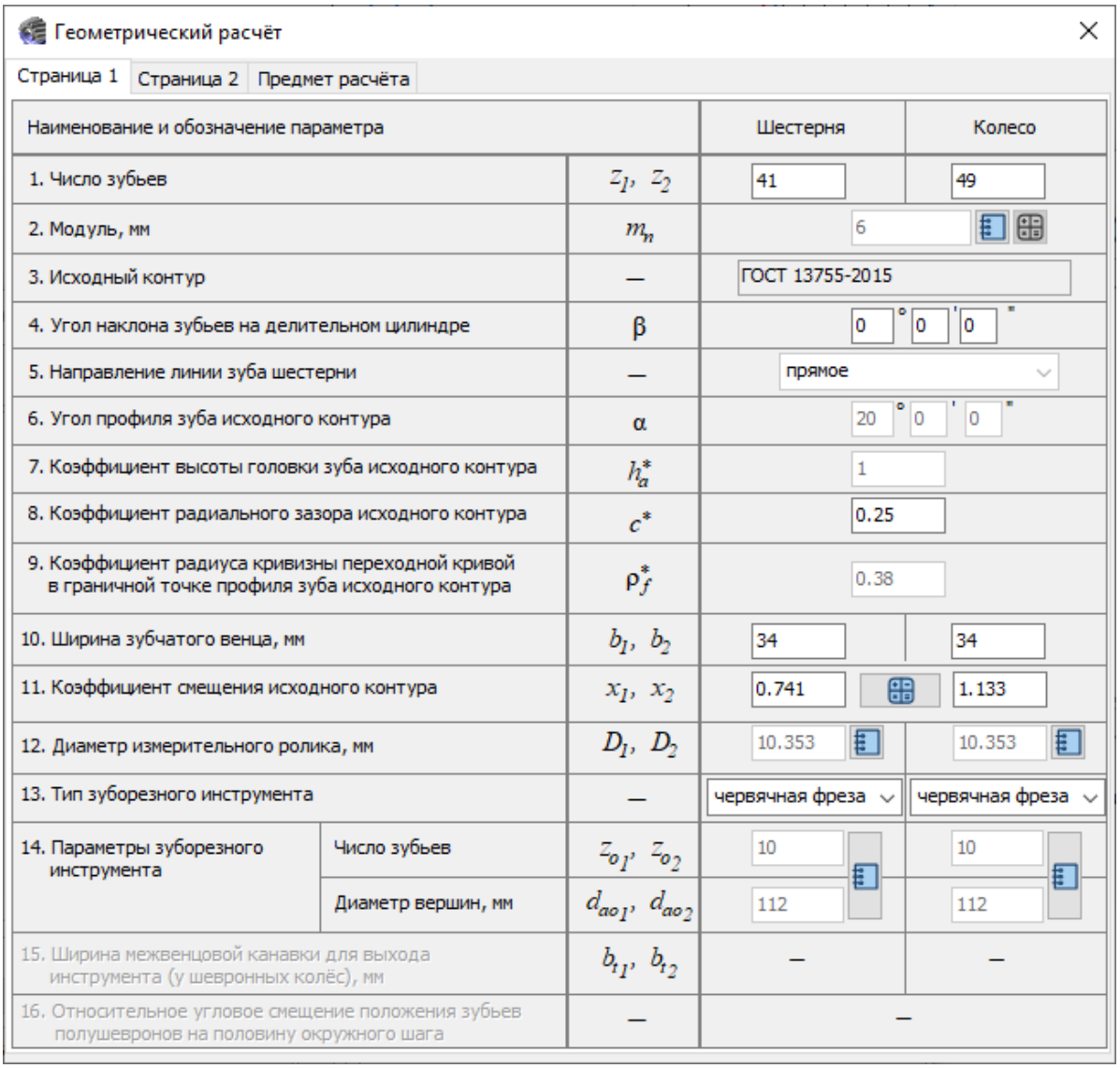
Целями выполнения геометрического расчета цилиндрической зубчатой передачи внешнего зацепления являются:

- определение основных геометрических параметров зубчатых колес и размеров для контроля;
- проверка качества зацепления по геометрическим показателям.

Расчет выполняется в соответствии с ГОСТ 16532-70 «Передачи зубчатые цилиндрические эвольвентные внешнего зацепления. Расчет геометрии».

Поля ввода исходных данных располагаются на двух страницах. Переход на вторую страницу и выполнение расчета возможно только после ввода всех данных на первой странице. Данные на странице ***Предмет расчета*** (описательная информация о расчете) постоянны для всех расчетов передачи (геометрия, прочность, долговечность).

Введите данные на ***Странице 1***.



Особенности ввода некоторых данных:

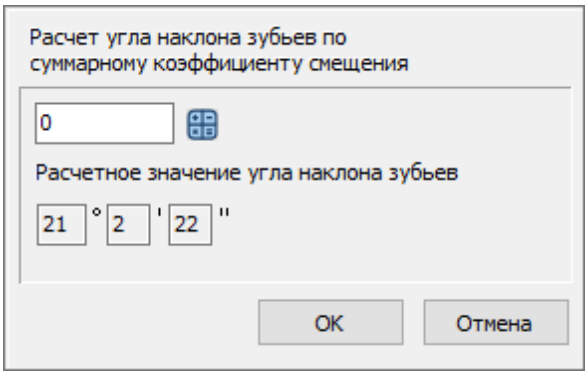
- **модуль**;

  Значения модуля стандартизованы. Чтобы выбрать модуль, нажмите кнопку ***Выбор модуля***, расположенную справа от поля ***Модуль***, и выполните необходимые действия в открывшемся окне ***Выбор модуля и исходного контура*** 22. Значение модуля появится в соответствующем поле ввода, информация об исходном контуре – в поле ***Исходный контур***.

- **угол наклона зубьев на делительном цилиндре**;

  При выполнении расчета ***По межосевому расстоянию*** и использовании угла наклона зубьев отличного от нуля, можно автоматически рассчитать угол наклона зубьев по суммарному коэффициенту смещения.

  Для этого нажмите кнопку, расположенную справа от полей ввода значения параметра ***Угол наклона зубьев на делительном цилиндре*** (она станет активной после изменения межосевого расстояния). Откроется окно, в котором выполняется расчет.



Введите суммарный коэффициент смещения и нажмите кнопку . Расчетное значение угла наклона зубьев появится в в соответствующем поле. Нажмите кнопку ***OK***. Значение будет перенесено в окно ***Геометрический расчет***.

Для автоматического расчета межосевого расстояния воспользуйтесь кнопкой , расположенной справа от поля ввода параметра. Расчетное значение угла наклона зубьев будет перенесено в окно ***Геометрический расчет***.
Если вы измените межосевое расстояние, будут пересчитаны коэффициенты смещения исходного контура на ***Странице 2***.
Далее кнопками с изображением калькулятора пользуйтесь для получения рекомендаций по выбору значений параметров в соответствующих полях ввода.

- **направление линии зуба шестерни**;

  Для прямозубых колес– **прямое**, для косозубых – **правое** или **левое**, для шевронных – **шевронное справа налево** и **шевронное слева направо**.
  Внешний вид колеса с выбранным направлением линии зуба будет показан справа от поля выбора значения параметра.

  Помните, если указанное направление линии зуба шестерни будет противоречить данным об угле наклона зубьев, переход на ***Страницу 2*** для продолжения расчета будет **НЕВОЗМОЖЕН!**

- **параметры стандартного исходного контура**;

  Поля, соответствующие параметрам исходного контура,

  - ***Угол профиля зуба исходного контура***,
  - ***Коэффициента высоты головки зуба исходного контура***,
  - ***Коэффициента радиального зазора исходного контура***,
  - ***Коэффициента радиуса кривизны переходной кривой в граничной точке профиля зуба исходного контура***

  будут заполнены автоматически. Значения параметров будут зависеть от выбранного модуля и стандарта на исходный контур. Некоторые значения доступны для редактирования. Если навести курсор на поле ввода редактируемого значения, появится подсказка, в которой указан диапазон его возможных значений.

- **коэффициент смещения исходного контура**;

  Может быть задан в соответствии с рекомендациями ГОСТ 16532-70:

  - при $z > 30$ ***x = 0***;
  - при $20 < z < 30$ ***x = 0,3***;
  - при $z < 20$ ***x = 0,5***, но при этом считается минимально допустимое значение смещения ***xmin***, и в случае если ***xmin > x***, принимается ***xmin***.

или рассчитан[24] по специальным методикам (чтобы выполнить расчет, нажмите кнопку).

- **диаметр измерительного ролика (шарика)**;

  Для контроля толщины зуба у прямозубых колес используются ролики, а у косозубых - шарики (т.к. контакт ролика с противоположными сторонами впадины происходит не по параллельным линиям и ролик будет качаться).
  По умолчанию в полях ввода отображается рекомендованное значение диаметра. Чтобы выбрать[378] другой диаметр, нажмите кнопку ***Подбор диаметра***, расположенную справа от полей ***Диаметр измерительного ролика (шарика)***.
  Чтобы вернуться к рекомендованному значению, нажмите клавишу ***<F10>***.

- **тип зуборезного инструмента**;

  Выбор типа зуборезного инструмента происходит из раскрывающегося списка возможных значений. Набор возможных значений зависит от значения параметра ***Направление линии зуба шестерни***.
  При выборе вариантов ***долбяк***, ***червячная фреза***, ***дисковая фреза*** потребуется выбрать параметры зуборезного инструмента.

- **параметры зуборезного инструмента**;

  Выбор параметров зуборезного инструмента (долбяка[369], червячной фрезы[372], дисковой фрезы[375]) осуществляется в специальных диалогах, которые открываются после нажатия кнопки ***Выбор (тип инструмента)***.

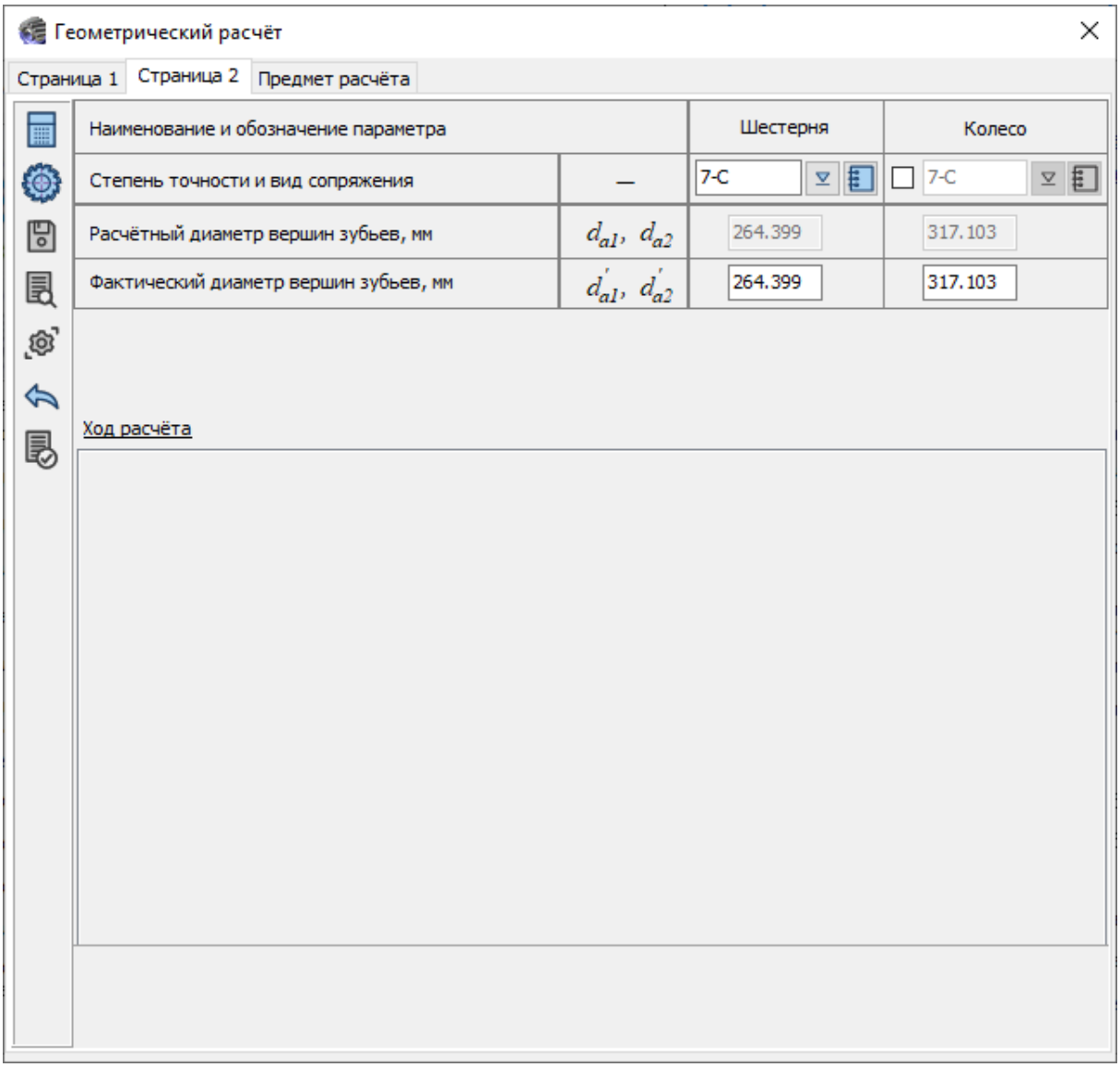
- **ширина межвенцовой канавки для выхода инструмена (у шевронных колес)**;

  При вводе ширины канавки у шевронных колес следует ориентироваться на минимально допустимое значение, отображаемое справа от поля ввода. Это значение зависит от типа зуборезного инструмента. При выборе варианта ***гребенка*** минимальная ширина канавки задается по рекомендациям, приведенными в книге Фингера М.Л. «Цилиндрические зубчатые колеса», 2005г.

- **относительное угловое смещение положения зубьев полушевронов на половину окружного шага**.

  Включите опцию, чтобы выполнить угловое смещение для обеспечения плавности и снижения шума работы проектируемой передачи.

Введите данные на ***Странице 2***.



Особенности ввода некоторых данных:

- **степень точности**;
  - **Крупномодульные передачи**.

    При назначении степени точности крупномодульных цилиндрических зубчатых передач необходимо руководствоваться следующими положениями.

    1. Согласно ГОСТ 1643-81 «Основные нормы взаимозаменяемости. Передачи зубчатые цилиндрические. Допуски» для цилиндрических зубчатых передач внешнего и внутреннего зацепления с прямозубыми, косозубыми и шевронными зубчатыми колесами устанавливаются двенадцать степеней точности зубчатых колес и передач, обозначаемых в порядке убывания точности цифрами **1**, **2**, **3**, **4**, **5**, **6**, **7**, **8**, **9**, **10**, **11**, **12**.
    2. Для каждой степени точности устанавливаются нормы кинематической точности, плавности работы и контакта зубчатых колес в передаче.

3. Допускается комбинирование различных степеней точности и норм кинематической точности, плавности работы и контакта зубчатых колес.

   При комбинировании необходимо соблюдать следующие условия:
   - нормы плавности работы могут быть точнее (не более чем на две степени точности) или грубее (не более чем на одну степень точности) норм кинематической точности;
   - нормы контакта зубчатых колес могут назначаться по любым более точным степеням, а также на одну степень грубее, чем нормы плавности работы зубчатых колес и передач.

4. Устанавливаются шесть видов сопряжений зубчатых колес – **A**, **B**, **C**, **D**, **E**, **H** и восемь видов допуска на боковой зазор – **x**, **y**, **z**, **a**, **b**, **c**, **d**, **h**. Значения приведены в порядке убывания величины бокового зазора и допуска на него.

   Виды сопряжений зубчатых колес в передаче в зависимости от степени точности по нормам плавности работы приведены в таблице.

Вид сопряжений	A	B	C	D	E	H
Степень точности по нормам плавности работы	3 – 12	3 – 11	3 – 9	3 – 8	3 – 7	3 – 7

5. Видам сопряжений **A**, **B**, **C**, **D** соответствуют виды допуска на боковой зазор **a**, **b**, **c**, **d** соответственно, а видам сопряжений **H** и **E** – вид допуска на боковой зазор **h**.

   Соответствие между видом сопряжений зубчатых колес в передаче и видом допуска на боковой зазор можно изменять; также могут быть использованы виды допусков **x**, **y**, **z**.

6. Точность изготовления зубчатых колес и передач задается степенью точности, а требования к боковому зазору – видом сопряжения по нормам бокового зазора.

Примеры условного обозначения точности цилиндрической передачи:

7 – C

Такая запись означает, что зубчатая передача имеет степень точности **7** по всем трем нормам (кинематическая точность, норма плавности работы и норма контакта), вид сопряжения - **C** и вид допуска на боковой зазор - **c**.

8 – 7 – 6 – Ba

Такая запись означает, что зубчатая передача по норме кинематической точности имеет степень точности **8**, по норме плавности работы – **7**, по норме контакта – **6**. Вид сопряжения зубчатых колес — **B**, вид допуска на боковой зазор – **a**.

Мелкомодульные передачи.

При назначении степени точности мелкомодульных цилиндрических зубчатых передач необходимо руководствоваться следующими положениями.

1. Согласно ГОСТ 9178-81 «Основные нормы взаимозаменяемости. Передачи зубчатые цилиндрические мелкомодульные» для цилиндрических зубчатых передач внешнего и внутреннего зацепления с прямозубыми и косозубыми зубчатыми колесами с модулем от 0,1 до 1,0 (исключительно) устанавливаются двенадцать степеней точности зубчатых колес и передач, обозначаемых в порядке убывания точности цифрами **1**, **2**, **3**, **4**, **5**, **6**, **7**, **8**, **9**, **10**, **11**, **12**.

2. Для каждой степени точности устанавливаются нормы кинематической точности, плавности работы и контакта зубчатых колес в передаче.
3. Допускается комбинирование различных степеней точности и норм кинематической точности, плавности работы и контакта зубчатых колес.

   При комбинировании необходимо соблюдать следующие условия:
   - нормы плавности работы могут быть на одну степень точности точнее или грубее норм кинематической точности;
   - нормы контакта зубчатых колес могут назначаться по любым более точным степеням, а также на одну степень грубее, чем нормы плавности работы зубчатых колес и передач.
4. Для передач с нерегулируемым или регулируемым расположением осей устанавливается пять видов сопряжений зубчатых колес – **D**, **E**, **F**, **G**, **H** и четыре вида допуска на боковой зазор – **e**, **f**, **g**, **h**. Значения приведены в порядке убывания величины бокового зазора и допуска на него.

   Виды сопряжений зубчатых колес в передаче в зависимости от степени точности по нормам плавности работы приведены в таблице.

Вид сопряжений	**D**		**E**		**F**	**G**	**H**
Модуль m, мм	от 0,1 до 0,5	св. 0,5 до <1,0	от 0,1 до 0,5	св. 0,5 до 1,0	от 0,5 до <1,0		
Степень точности по нормам плавности работы	3 – 10	3 – 12	3 – 10	3 – 12	3 – 10	3 – 8	3 – 7

Примечание. Для зубчатых колес с модулем m <= 0,3 мм, подлежащих изготовлению полнопрофильным инструментом, и зубчатых колес с модулем m < 0,2 мм, подлежащих изготовлению инструментом с c_{ε} открытым профилем, должна производиться проверка коэффициента перекрытия .

5. Видам сопряжений **D** и **E** соответствует вид допуска на боковой зазор **e**, а видам сопряжения **F**, **G**, **H –** виды допусков **f**, **g**, **h** соответственно.

   Соответствие между видом сопряжений зубчатых колес в передаче и видом допуска на боковой зазор можно изменять; также могут быть использованы виды допусков **x**, **y**, **z**.

   Соответствие между видом сопряжений зубчатых колес в передаче и видом допуска на боковой зазор можно изменять.
6. Точность изготовления зубчатых колес и передач задается степенью точности, а требования к боковому зазору – видом сопряжения по нормам бокового зазора.

Примеры условного обозначения точности цилиндрической передачи:

7 – G

Такая запись означает, что зубчатая передача имеет степень точности **7** по всем трем нормам (кинематическая точность, норма плавности работы и норма контакта), вид сопряжения - **G** и вид допуска на боковой зазор - **g**.

7 – 8 – 8 – Gf

Такая запись означает, что зубчатая передача по норме кинематической точности имеет степень точности **7**, по норме плавности работы – **8**, по норме контакта – **8**. Вид сопряжения зубчатых колес — **G**, вид допуска на боковой зазор – **f**.

чтобы для колеса назначить степень точности, отличную от шестерни, включите опцию, расположенную слева от поля ввода степени точности колеса.

- **выбор степени точности, вида сопряжения зубчатых колес и вида допуска на боковой зазор в зубчатой передаче**;

  Чтобы ознакомится с показателями, характеризующими степень точности, либо назначить степень точности, отличную от базовой, нажмите кнопку  ***Выбор степени точности, вида сопряжения зубчатых колес и вида допуска на боковой зазор в зубчатой передаче***, расположенную справа от поля ***Степень точности и вид сопряжения***, и выполните необходимые действия в открывшемся окне ***Выбор степени точности, вида сопряжения зубчатых колес и вида допуска на боковой зазор*** 366.

- **коэффициент смещения исходного контура**;

  В случае расчета ***По межосевому расстоянию*** на второй странице вводятся значения коэффициентов смещения с учетом суммарного коэффициента смещения. При этом, используя раскрывающееся меню, можно выполнить:

  - расчет ***X1*** по ***X2***;
  - расчет ***X2*** по ***X1***;
  - расчет ***X1*** и ***X2*** из условия равнопрочности зубьев шестерни и колеса.

- **фактический диаметр вершин зубьев**.

  Фактический диаметр вершин зубьев может быть равен, меньше или больше номинального (расчетного) диаметра.
  Максимальный фактический диаметр может быть больше номинального на величину, рассчитанную по формуле 2 * (c - 0,1) * m_n.
  Увеличенный диаметр позволяет увеличить коэффициент перекрытия. При этом нужно контролировать критерии качества зацепления – интерференцию и заострение зубьев.

При выполнении геометрического расчета цилиндрических зубчатых передач внешнего зацепления можно задать параметры червячных фрез под зубошевингование и зубошлифование. Для этого нажмите на панели инструментов кнопку  ***Назначить параметры червячных фрез под зубошевингование и зубошлифование*** и выполните необходимые действия 45 в открывшемся окне.

Для управления исходными данными и расчетом используйте кнопки инструментальной панели.

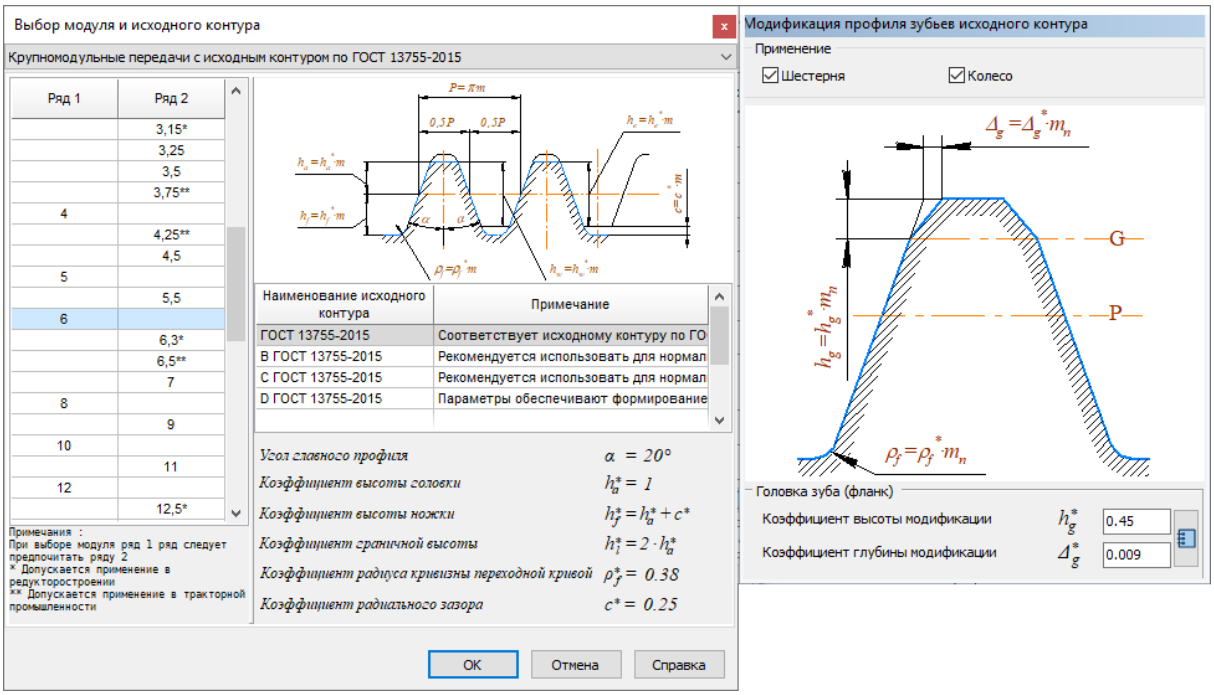
Во время выполнения расчета происходит диагностика рассчитываемой передачи по различным критериям и показателям. Результаты диагностики отображаются в области ***Ход расчета***. Если диагностируемые параметры удовлетворительны, результаты диагностики выделены зеленым цветом. Если неудовлетворительны – красным.
Чтобы получить информационное сообщение с рекомендациями по исправлению ошибок, наведите курсор мыши на неудовлетворительный результат диагностики. В сообщениях используется специальная терминология 10.
Основной вывод по итогам диагностики передачи приведен в нижней части окна.

После выполнения расчета передачи можно визуализировать работу зубчатого зацепления. Для этого нажмите на панели инструментов кнопку ***Визуализация зацепления*** и выполните необходимые действия в открывшемся окне.

Для зубчатого колеса, спроектированного с нарушением показателей качества зацепления, могут возникнуть сложности при генерации 3D-модели.

Выбор модуля и исходного контура

Выбор модуля цилиндрической шестерни осуществляется в диалоге ***Выбор модуля и исходного контура***, который открывается после нажатия кнопки ***Выбор модуля и исходного контура***, находящейся в окне ***Геометрический расчет***.



В верхней части окна находится раскрывающийся список, в котором перечислены варианты, доступные для выбора:

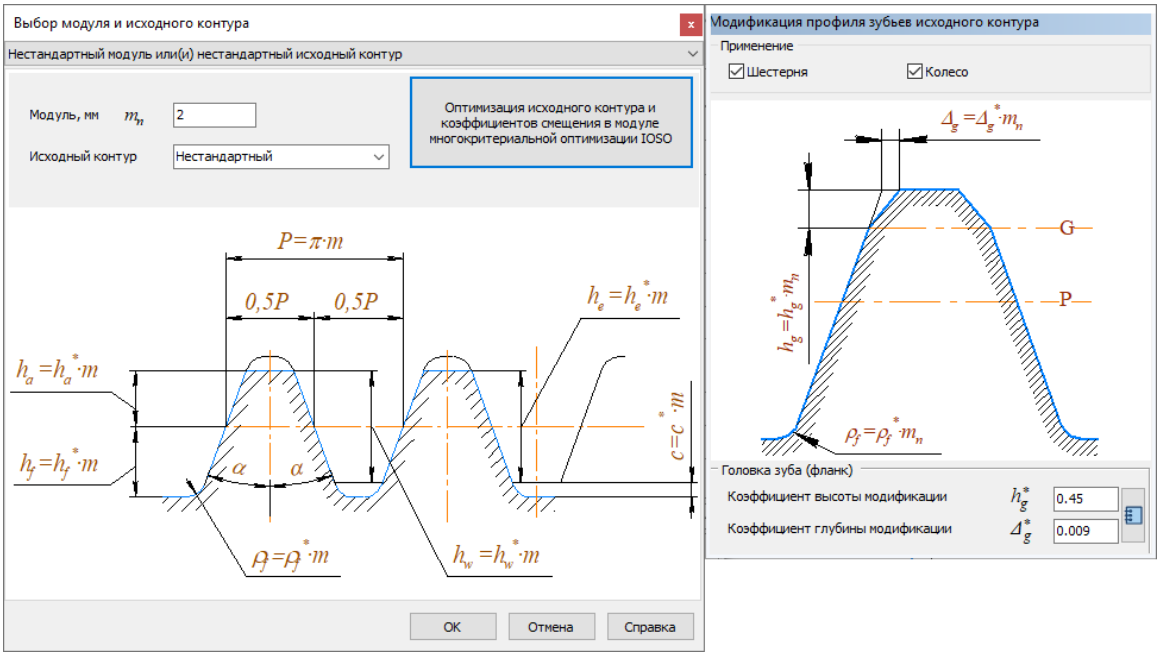
- крупномодульные передачи с исходным контуром по ГОСТ 13755-2015;
- мелкомодульные передачи с исходным контуром по ГОСТ 9587-81;
- крупномодульные высоконапряженные передачи с исходным контуром по ГОСТ Р 50531-93;
- метрические модули (исходный контур по стандартам других стран);
- питчевые модули (исходный контур по стандартам других стран);
- двойной диаметральный (дробный) питч по стандарту фирмы Феллоу (USA);
- нестандартный модуль или (и) нестандартный исходный контур.

1. Выберите из списка нужный вариант. В левой части окна будет показан список возможных значений модуля. В правой части приведены:

- список исходных контуров, доступных для выбора (для некоторых стандартов);
- рекомендации по применению (для некоторых стандартов);
- изображение исходного контура со всеми параметрами;
- справочная информация об исходном контуре, в том числе:
  - *коэффициент высоты головки зуба*,
  - *коэффициент радиального зазора*,
  - *коэффициент радиуса кривизны переходной кривой.*

2. Щелчком мыши выберите значение модуля. В некоторых случаях вам потребуется выбрать исходный контур.

   Если вы выбрали вариант ***Нестандартный модуль или (и) нестандартный исходный контур***, введите в поле ***Модуль*** значение модуля и выберите в списке возможных значений ***Исходный контур*** стандарт на исходный контур либо вариант ***Нестандартный***.



При выборе варианта *Нестандартный* станет активна кнопка *Оптимизация исходного контура и коэффициентов смещения в модуле многокритериальной оптимизации IOSO* 36. При необходимости нажмите ее, чтобы выполнить оптимизацию.

3. При необходимости в дополнительной области ***Модификация профиля зубьев исходного контура*** задайте параметры модификации шестерни и (или) колеса:
   - включите опции ***Шестерня*** и (или) ***Колесо***;
   - в полях ***Коэффициент высоты модификации*** и ***Коэффициент глубины модификации*** задайте соответствующие коэффициенты.

   Значения коэффициентов можно ввести вручную, руководствуясь ГОСТ 13755-81 «Передачи зубчатые цилиндрические эвольвентные. Исходный контур» и ГОСТ 9324-80 «Фрезы червячные чистовые однозаходные для цилиндрических зубчатых колес с эвольвентным профилем. Технические условия», или автоматически, нажав кнопку .

Значение коэффициента высоты модификации должно быть не больше 0,45, значение коэффициента глубины модификации – не больше 0,02. Коэффициент глубины модификации зависит от модуля и степени точности (см. таблицу).

Модуль m, мм	Степень точности по нормам плавности работы по ГОСТ 1643-72		
	6	7	8
До 2	0,010	0,015	0,020
Св. 2 " 3,5	0,009	0,012	0,018
" 3,5 " 6,3	0,008	0,010	0,015
" 6,3 " 10	0,006	0,008	0,012
" 10 " 16	0,005	0,007	0,010
" 16 " 25	-	0,006	0,009
" 25 " 40	-	-	0,008

4. Нажмите кнопку ***ОК***. Значение модуля появится в поле ***Модуль***, значения параметров исходного контура – в соответствующих полях ввода. Если вы выбрали нестандартный исходный контур, введите значения его параметров в соответствующих полях.

Выбор и расчет коэффициентов смещения

С помощью простого технологического приема – смещения относительного положения заготовки и зуборезного инструмента (**корригирования**) во время зубонарезания – можно целенаправленно влиять на большинство основных геометрических, кинематических и прочностных характеристик эвольвентных цилиндрических зубчатых передач без нарушения кинематической правильности работы зубчатого зацепления.
Корригирование применяется:

- для устранения подрезания зубьев шестерни;
- для повышения изгибной прочности зубьев, что достигается увеличением их толщины;
- для повышения контактной прочности, что достигается увеличением радиуса кривизны в полюсе зацепления;
- для получения заданного межосевого расстояния передачи.

Относительное положение зуборезного инструмента и нарезаемого зубчатого колеса определяется **коэффициентом смещения**, который может принимать положительные значения, отрицательные значения, а также равняться нулю.

Средствами модуля КОМПАС-GEARS вы можете выполнить расчет коэффициентов смещения или выполнить проверку работоспособности цилиндрической зубчатой передачи внешнего зацепления при заданных значениях коэффициентов смещения. Для этого нажмите кнопку ***Расчет и выбор коэффициентов смещения***  , расположенную возле полей ввода ***Коэффициент смещения исходного контура*** в окне ***Геометрический расчет***.
В открывшемся окне ***Выбор и расчет коэффициентов смещения*** 29 начнется построение блокирующего контура 25 рассчитываемой зубчатой передачи.
Далее вы сможете:

- выбрать значения коэффициентов смещения, рекомендуемые стандартами:
  - – ГОСТ 16532-70 (Приложение 2) для кинематических передач;
  - – ГОСТ 16532-70 (Приложение 2) для силовых передач;

– ISO;

- выполнить расчет параметров работоспособности передачи при коэффициентах смещения, заданных в окне Геометрический расчет 32;
- ввести произвольные значения коэффициентов смещения и выполнить расчет параметров работоспособности передачи 33;
- выполнить расчет коэффициентов смещения по многокритериальной методике оптимизации зубчатого зацепления 34.

Общие сведения и приемы работы

Параметры кинематической и прочностной работоспособности зубчатой передачи 25;

Блокирующий контур зубчатой передачи 25;

Управление окном с изображением блокирующего контура 27;

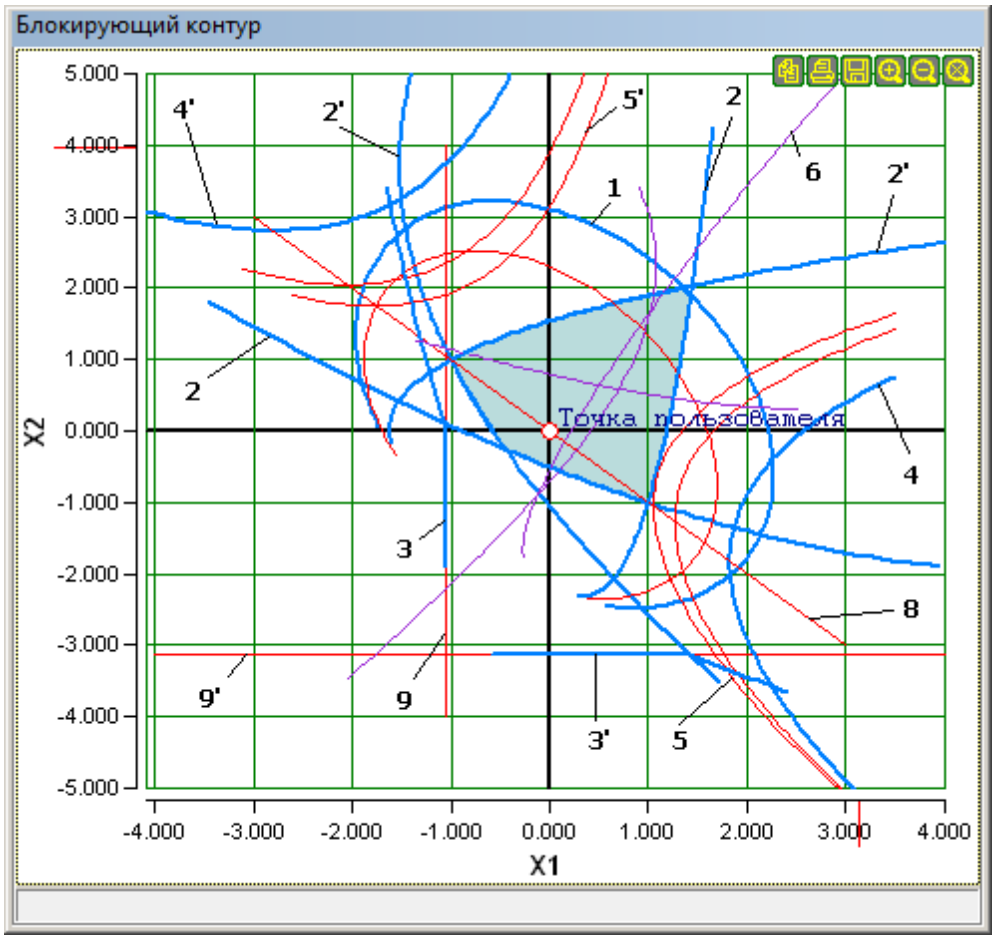
Ввод ограничений по показателям качества зацепления 27;

Ввод данных из расчета на прочность 28.

Рассчитываемые параметры кинематической и прочностной работоспособности зубчатой передачи приведены в таблице. Параметр с индексом ***1*** относится к шестерне, с индексом ***2*** – к колесу.

Обозначение	Название параметра
X1, ***X2***	Коэффициенты смещения
n_{H1}, n_{H2}	Коэффициенты запаса прочности по контактным напряжениям
n_{F1}, n_{F2}	Коэффициенты запаса прочности по напряжениям изгиба
$_{p1}$, $_{p2}$	Удельное скольжение профилей зубьев в нижних точках активных профилей
$_{\alpha}$	Коэффициент торцового перекрытия
S_{na1}, S_{na2}	Нормальная толщина зуба на поверхности вершин
$_{tw}$	Угол зацепления
$_{w}$	Межосевое расстояние
d_{a1}, d_{a2}	Диаметр вершин

Блокирующий контур зубчатой передачи (БК) – это область сочетаний коэффициентов смещения ***X1*** и ***X2***, ограниченная линиями геометрических и качественных показателей. Суть блокирующего контура состоит в том, чтобы на плоскости координат ***X1*** и ***X2*** показать границы, внутри которых будет обеспечена кинематически правильная работа зубчатой передачи.



Ограничивающими линиями блокирующего контура являются («'» – для колеса):

1 – предельно допустимое минимальное значение коэффициента торцового перекрытия ε_α =*1* (при ε_α *<1* буден нарушена непрерывность зацепления зубьев в передаче);

2, 2' – интерференция в станочном зацеплении (ситуация, когда вершина зуба одного колеса внедряется в зуб другого колеса, т.е. возникает заклинивание);

3, 3' – допустимое подрезание зубьев в станочном зацеплении;

4, 4' – предельно допустимое минимальное значение нормальной толщины зуба на поверхности вершин зубьев ***Sna=0***;

Внутри блокирующего контура могут быть проведены линии условных границ, за которые переходить не рекомендуется:

5, 5' – **Sna** = 0,4***Mn**;

6 – **p1** = **p2** – линия выравнивания удельных скольжений в нижних точках активных профилей зубьев (ЛВУС), по сути являющаяся критерием износостойкости передачи;

7 – ε_α = 1,2;

8 – ***X1*** + ***X2*** **=** 0;

9, 9' – **X1** = **Xmin1** и **X2** = **Xmin2** – линии, ограничивающие начало подрезания.

Чтобы увидеть название интересующей вас линии блокирующего контура, подведите к ней курсор мыши. Линия будет подсвечена, название появится в нижней части окна.

Управление 27 окном осуществляется при помощи кнопок, расположенных в его правой верхней части.

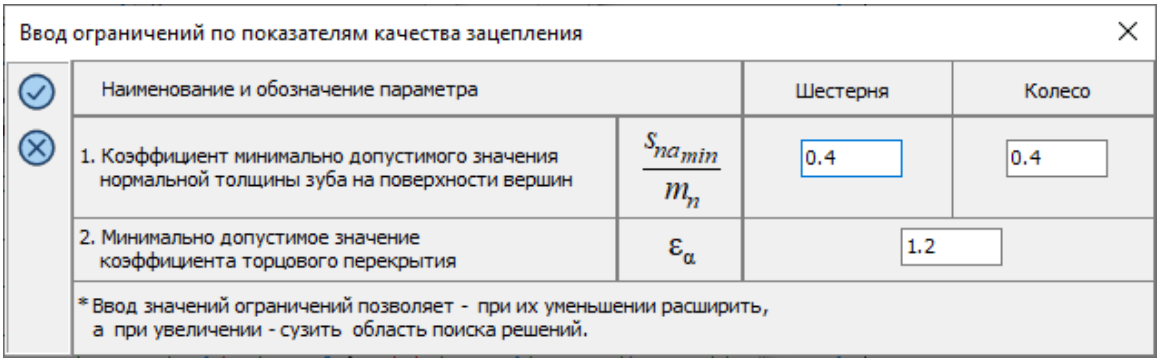
Управление окном, в котором отображен блокирующий контур зубчатой передачи, осуществляется при помощи кнопок, расположенных в правой верхней части окна.

Кнопка	Название	Назначение
	***Открепить окно/ Прикрепить окно***	Управление расположением окна с блокирующим контуром. По умолчанию окно «прикреплено» к левой нижней границе окна ***Выбор и расчет коэффициентов смещения***. Нажмите кнопку ***Открепить окно***, чтобы «открепить» окно от границы и получить возможность управлять его месторасположением (после «открепления» окна кнопка изменит свое название на ***Прикрепить окно***). Нажмите кнопку ***Прикрепить окно***, чтобы вернуть окно в «прикрепленное» состояние.
	***Распечатать***	Печать изображение блокирующего контура.
	***Сохранить***	Сохранение изображения блокирующего контура в файле графического формата.
	***Увеличить изображение***	Увеличение масштаба отображения блокирующего контура.
	***Уменьшить изображение***	Уменьшение масштаба отображения блокирующего контура.
	***Вернуть изображение в исходное состояние***	Возврат масштаба отображения блокирующего контура в исходное состояние.

Кроме того, могут быть использованы другие инструменты управления изображением. Например, прокручивая колесо мыши, можно увеличивать или уменьшать изображение; нажав левую клавишу мыши, можно перемещать увеличенное изображение.

Диалог ***Ввод ограничений по показателям качества зацепления*** открывается после нажатия одноименной кнопки и предназначен для ввода произвольных значений следующих параметров:

- Sn_{amin1}/m_{n1} и Sn_{amin2}/m_{n2} – коэффициентов минимально допустимого значения нормальной толщины зубьев на поверхности вершин;
- ε_{α} – минимально допустимого значения коэффициента торцового перекрытия.

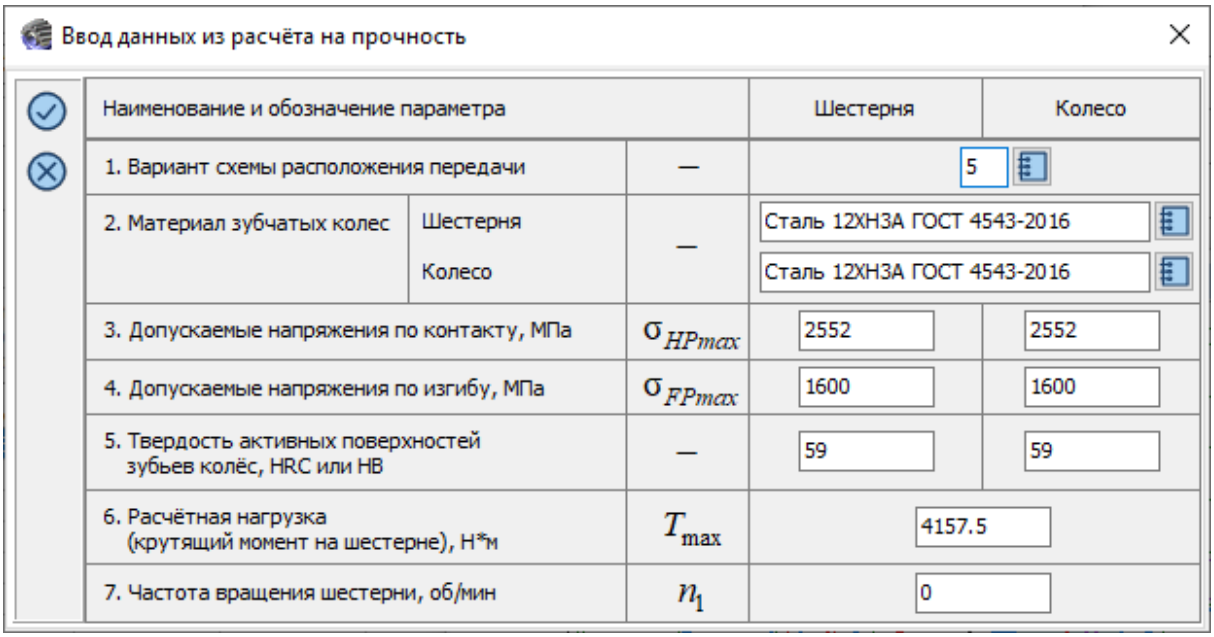


Чтобы подтвердить ввод значений и закрыть диалог, нажмите кнопку  .

Чтобы отказаться от ввода значений и закрыть диалог – кнопку  .

Диалог ***Ввод данных из расчета на прочность*** открывается после нажатия одноименной кнопки и предназначен для:

- выбора варианта схемы расположения передачи – нажмите кнопку  , расположенную справа от поля ***Вариант расположения передачи***, и выберите нужный вариант в раскрывшемся окне;
- выбора материалов, из которых изготавливаются зубчатые колеса, и термообработки (т.е. определение допускаемых напряжений по контакту и изгибу, а также твердости активных поверхностей зубьев) – нажмите кнопку  , расположенную справа от полей ***Материал зубчатых колес*** – ***Шестерня*** и ***Материал зубчатых колес*** – ***Колесо***, и выберите нужный вариант в раскрывшемся окне; значения в полях ввода ***Допускаемые напряжения по контакту***, ***Допускаемые напряжения по изгибу*** и ***Твердость активных поверхностей зубьев колес*** появятся автоматически;
- ввода расчетной нагрузки (крутящего момента на шестерне ***Tmax*** и частоты вращения шестерни колеса ***n1***).



Чтобы подтвердить ввод значений и закрыть диалог, нажмите кнопку  .

Чтобы отказаться от ввода значений и закрыть диалог – кнопку  .

Интерфейс окна «Выбор и расчет коэффициентов смещения»

Окно ***Выбор и расчет коэффициентов смещения*** разделено на несколько областей.

В верхней части окна находится **область отображения исходных данных**, в которой показаны:

- параметры рассчитываемой зубчатой передачи;
- нагрузка (значения параметров берутся из расчета на прочность или вводятся вручную в диалоге, который появляется после нажатия кнопки ***Ввод данных из расчета на прочность*** 28);
- ограничения по показателям качества зацепления (по умолчанию принимаются рекомендованные значения, при необходимости значения можно изменить в диалоге, который открывается после нажатия кнопки ***Ввод ограничений по показателям качества зацепления*** 27).

Ниже находится **область выбора способа определения коэффициентов смещения**. Коэффициенты могут быть:

- приняты по рекомендации нормативных документов (ГОСТ 16532-70 – для кинематических и силовых передач; ISO);
- введены вручную;
- рассчитаны по авторской методике многокритериальной оптимизации зубчатого зацепления.

В правой центральной части окна находятся кнопки:

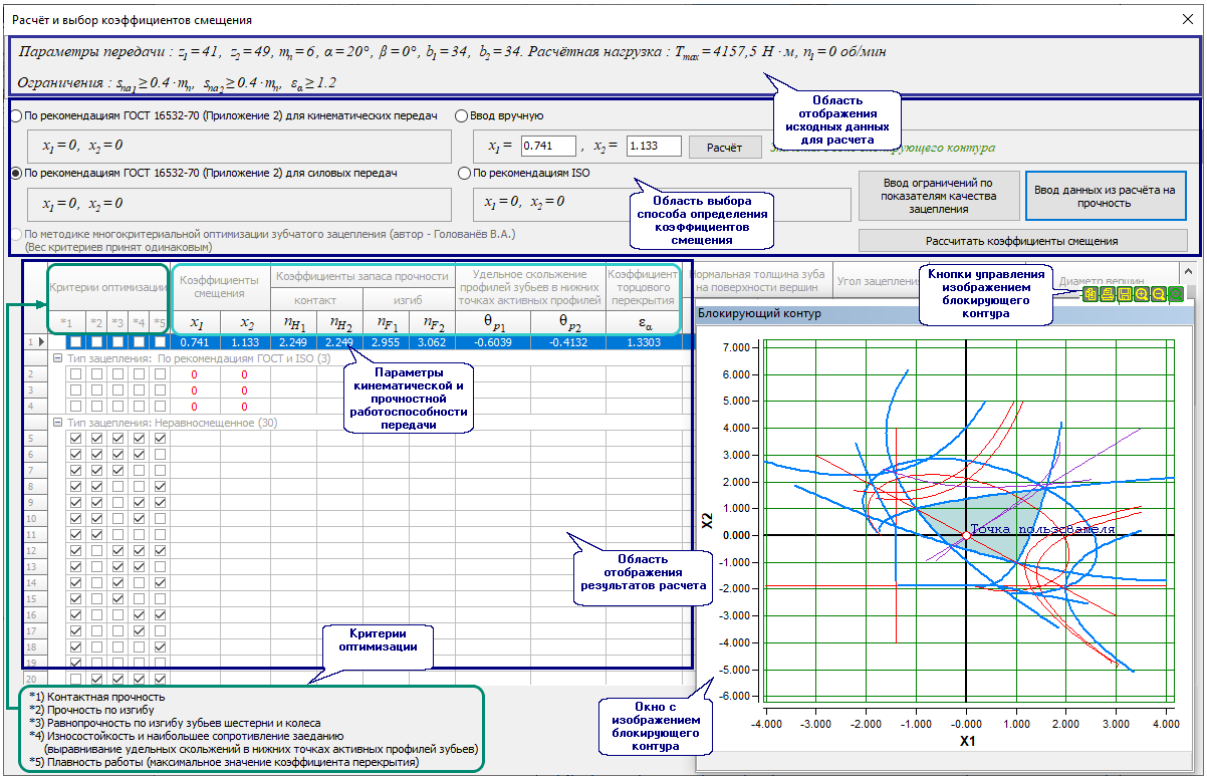
- ***Ввод ограничений по показателям качества зацепления*** – открывает диалог 27, предназначенный для ввода произвольных значений *Коэффициентов минимально*

допустимого значения нормальной толщины зубьев на поверхности вершин ***Sna1*** *и* ***Sna2*** *и Минимально допустимого значения коэффициента торцового перекрытия* ε_α.

- ***Ввод данных из расчета на прочность*** – открывает диалог 28, предназначенный для:
  - выбора схемы расположения передачи;
  - выбора материалов, из которых изготавливаются зубчатые колеса, и термообработки (т.е. определение допускаемых напряжений по контакту и изгибу, а также твердости активных поверхностей зубьев);
  - ввода расчетной нагрузки (крутящего момента на шестерне ***Tmax*** и частоты вращения шестерни ***n1***).

В нижней правой части окна расположено окно с изображением **блокирующего контура** 25. Управление 27 этим окном осуществляется при помощи кнопок, расположенных в его правой верхней части.

В нижней части окна находится **область отображения результатов расчета** 30. Результаты представлены в виде таблицы. В зависимости от положения окна с блокирующим контуром, таблица может быть представлена в кратком и полном виде.



В **области отображения результатов расчета** показана таблица со значениями коэффициентов смещения и результатами расчета параметров кинематической и прочностной работоспособности 25 зубчатой передачи.

В общем случае в таблице может отображаться четыре группы результатов расчета:

- ***Ввод вручную*** **–** результаты расчета параметров работоспособности передачи при коэффициентах смещения, заданных 32 в окне ***Геометрический расчет*** или введенных 33 вручную;

- ***По рекомендациям ГОСТ и ISO*** **–** результаты расчета параметров работоспособности передачи при коэффициентах смещения, рекомендуемых стандартами (ГОСТ и ISO);
- ***Неравносмещенное*** **–** результаты расчета коэффициентов смещения и параметров работоспособности передачи, выполненного по методике многокритериальной оптимизации зубчатого зацепления 34 для неравносмещенного зацепления;
- ***Равносмещенное*** **–** результаты расчета коэффициентов смещения и параметров работоспособности передачи, выполненного по методике многокритериальной оптимизации зубчатого зацепления 34 для равносмещенного зацепления.

Количество вариантов решений в каждой группе отображено справа от ее названия.

По умолчанию все группы расчета раскрыты. Чтобы скрыть группу, нажмите на значок «-», расположенный слева от ее названия.

В зависимости от положения окна с изображением блокирующего контура (*БК*) таблица может отображаться в **кратком** и **полном** виде:

- если окно с *БК* «прикреплено» к границе окна ***Выбор и расчет коэффициентов смещения***, таблица отображается в кратком виде – в ней содержатся следующие параметры кинематической и прочностной работоспособности зубчатой передачи:

  X1, ***X2*** **–** коэффициенты смещения;

  n_{H1}, n_{H2} **–** коэффициенты запаса прочности по контактным напряжениям;

  n_{F1}, n_{F2} **–** коэффициенты запаса прочности по напряжениям изгиба;

  ρ_{p1}, ρ_{p2} **–** удельное скольжение профилей зубьев в нижних точках активных профилей;

  ε_α **–** коэффициент торцового перекрытия.

- если окно с *БК* находится в «плавающем» состоянии, таблица отображается в полном виде – дополнительно в ней содержатся параметры:

  S_{na1}, S_{na2} **–** нормальная толщина зубьев на поверхности вершин;

  α_{tw} **–** угол зацепления;

  a_w **–** межосевое расстояние;

  d_{a1}, d_{a2} **–** диаметр вершин.



Если отсутствует информация о расчетной нагрузке зубчатой передачи (т.е. расчет на прочность не выполнялся и данные не были введены в диалоге, который появляется после нажатия кнопки *Ввод данных из расчета на прочность* 28), прочностные параметры работоспособности передачи рассчитаны не будут!

Таблица с результатами расчета располагает контекстным меню, в котором содержатся следующие команды:

- ***Просмотр результатов геометрического расчета***;

  Позволяет увидеть отчет с результатами геометрического расчета.

- ***Просмотр результатов расчета на прочность при действии максимальной нагрузки***;

  Позволяет увидеть отчет с результатами расчета на прочность.

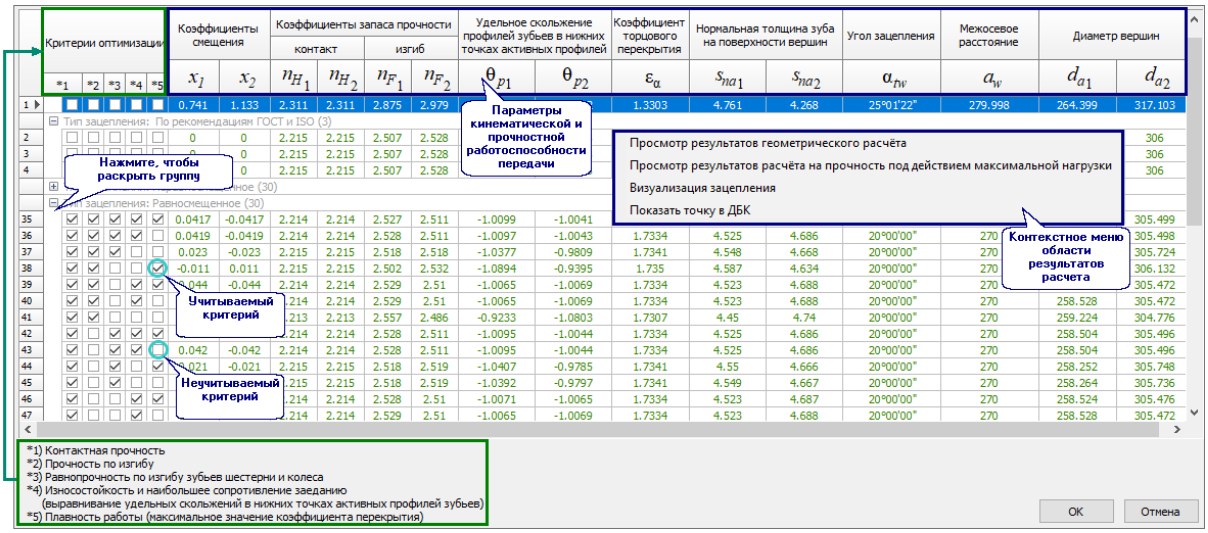
Отчет будет сформирован только в том случае, если для передачи выполнялся расчет на прочность или требуемые для формирования отчета характеристики заданы в диалоге, который появляется после нажатия кнопки ***Ввод данных из расчета на прочность*** 28.

- ***Визуализация зацепления***;

  Позволяет визуализировать 380 работу зацепления. Визуализация возможна лишь в том случае, если модуль запущен из активного документа КОМПАС-3D типа *Чертеж*.

- ***Показать точку в ДБК***.

  Позволяет отобразить точку с текущими значениями коэффициентов смещения ***X1*** и ***X2*** на блокирующем контуре.



Расчет параметров работоспособности передачи при заданных коэффициентах смещения

Сразу после построения блокирующего контура 25 зубчатой передачи в области выбора способа определения коэффициентов смещения в полях ввода варианта Ввод вручную появятся значения коэффициентов смещения X1 и X2, заданные в окне Геометрический расчет.

Для выполнения расчета параметров кинематической и прочностной работоспособности 25 передачи должны быть заданы:

- нагрузка (значения параметров берутся из расчета на прочность или вводятся вручную в диалоге, который появляется после нажатия кнопки ***Ввод данных из расчета на прочность*** 28);

  Если отсутствует информация о расчетной нагрузке зубчатой передачи, прочностные параметры работоспособности рассчитаны не будут!

- ограничения по показателям качества зацепления (по умолчанию принимаются рекомендованные значения, при необходимости значения можно изменить в диалоге, который открывается после нажатия кнопки ***Ввод ограничений по показателям качества зацепления*** 27).

Чтобы выполнить расчет, нажмите кнопку ***Расчет***, расположенную справа от полей ввода. Результаты расчет появятся в таблице.

После выполнения расчета вы сможете воспользоваться командами вложенного меню кнопки ***Расчет***:

- ***Просмотр результатов геометрического расчета***;

  Позволяет увидеть отчет с результатами геометрического расчета.

- ***Просмотр результатов расчета на прочность при действии максимальной нагрузки***;

  Позволяет увидеть отчет с результатами расчета на прочность.
  Отчет будет сформирован только в том случае, если для передачи выполнялся расчет на прочность или требуемые для формирования отчета характеристики заданы в диалоге, который появляется после нажатия кнопки ***Ввод данных из расчета на прочность***28.

- ***Визуализация зацепления***;

  Позволяет визуализировать380 работу зацепления. Визуализация возможна лишь в том случае, если модуль запущен из активного документа КОМПАС-3D типа *Чертеж*.

- ***Показать точку в ДБК***.

  Позволяет отобразить точку с текущими значениями коэффициентов смещения ***X1*** и ***X2*** на блокирующем контуре.

Выбор произвольных значений коэффициентов смещения

Чтобы воспользоваться этим способом выбора коэффициентов смещения, в окне ***Расчет и выбор коэффициентов смещения*** должен быть выбран вариант ***Ввод вручную***.

Значения коэффициентов смещения могут быть:

- предварительно введены в поля ввода ***Коэффициенты смещения исходного контура*** в окне ***Геометрический расчет***;
- введены в поля ввода ***X1*** и ***X2*** вручную;
- указаны на блокирующем контуре.

Для выполнения проверки кинематической и прочностной работоспособности передачи должны быть заданы:

- нагрузка (значения параметров берутся из расчета на прочность или вводятся вручную в диалоге, который появляется после нажатия кнопки ***Ввод данных из расчета на прочность***28);

  Если отсутствует информация о расчетной нагрузке зубчатой передачи, прочностные параметры работоспособности рассчитаны не будут!

- ограничения по показателям качества зацепления (по умолчанию принимаются рекомендованные значения, при необходимости значения можно изменить в диалоге, который открывается после нажатия кнопки ***Ввод ограничений по показателям качества зацепления***27).

Если значения коэффициентов смещения были указаны на блокирующем контуре, расчет критериев кинематической и прочностной работоспособности будет выполнен автоматически сразу после повторного щелчка мышью по точке в поле контура.
Если значения введены вручную, для выполнения расчета нажмите кнопку ***Расчет***. Результаты расчета появятся в таблице.

После выполнения расчета вы сможете воспользоваться командами вложенного меню кнопки ***Расчет***:

- ***Просмотр результатов геометрического расчета***;

  Позволяет увидеть отчет с результатами геометрического расчета.

- ***Просмотр результатов расчета на прочность при действии максимальной нагрузки***;

  Позволяет увидеть отчет с результатами расчета на прочность.

- ***Визуализация зацепления***;

  Позволяет визуализировать 380 работу зацепления. Визуализация возможна лишь в том случае, если модуль запущен из активного документа КОМПАС-3D типа *Чертеж*.

- ***Показать точку в ДБК***.

  Позволяет отобразить точку с текущими значениями коэффициентов смещения ***X1*** и ***X2*** на блокирующем контуре.

Многокритериальный оптимизационный расчет зубчатого зацепления

Цель выполнения многокритериального оптимизационного расчета зубчатого зацепления заключается в поиске множества решений (значений коэффициентов смещений и ***X1***, ***X2*** и параметров работоспособности 25 передачи) для всех возможных сочетаний следующих критериев:

1. *Контактной прочности* (запасу прочности по контактным напряжениям);
2. *Прочности по изгибу* (запасу прочности по изгибным напряжениям);
3. *Равнопрочности по изгибу зубьев колеса и шестерни*;
4. *Износостойкости и наибольшему сопротивлению заеданию*;
5. *Плавности работы передачи*.

Значимость (вес) перечисленных критериев при расчете принята одинаковой.

Для выполнения расчета должны быть заданы:

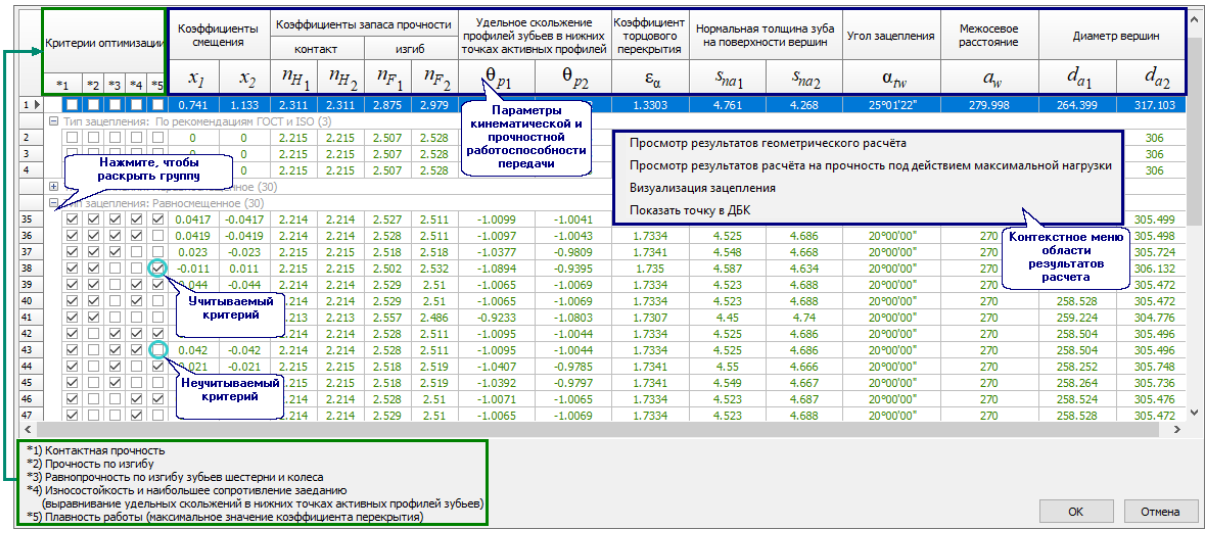
- нагрузка (значения параметров берутся из расчета на прочность или вводятся вручную в диалоге, который появляется после нажатия кнопки ***Ввод данных из расчета на прочность*** 28);

  Если отсутствует информация о расчетной нагрузке зубчатой передачи, прочностные параметры работоспособности рассчитаны не будут!

- ограничения по показателям качества зацепления (по умолчанию принимаются рекомендованные значения, при необходимости значения можно изменить в диалоге, который открывается после нажатия кнопки ***Ввод ограничений по показателям качества зацепления*** 27).

Чтобы запустить расчет, нажмите кнопку ***Рассчитать коэффициенты смещения***.

По окончании расчета его результаты будут отображены в таблице в виде множества решений.



Количество решений будет зависеть от необходимости «вписать» рассчитываемую передачу в фиксированное межосевое расстояние.

Если межосевое расстояние не зафиксировано, вариантов решения будет 60:

30 для неравносмещенного зацепления (т.е. ***X1*** не равен ***X2***);

30 для равносмещенного с нулевым суммарным коэффициентом смещения (т.е. ***X1*** + ***X2*** = 0).

Если межосевое расстояние зафиксировано, вариантов решений будет 30 – все для равносмещенного зацепления с нулевым суммарным коэффициентом смещения (т.е. ***X1*** + ***X2*** = 0).

Учитываемые критерии для каждого конкретного решения отмечены в таблице «галочками».

На блокирующем контуре будут отмечены:

- 5 точек, которые соответствуют оптимальным значениям коэффициентов смещения ***X1*** и ***X2*** с точки зрения каждого критерия индивидуально;
- результирующая (***Расчетная***) точка, являющаяся оптимальной по совокупности всех критериев.

После выполнения расчета вы сможете воспользоваться командами вложенного меню кнопки ***Расчет***:

- ***Просмотр результатов геометрического расчета***;

  Позволяет увидеть отчет с результатами геометрического расчета.

- ***Просмотр результатов расчета на прочность при действии максимальной нагрузки***;

  Позволяет увидеть отчет с результатами расчета на прочность.

- ***Визуализация зацепления***;

  Позволяет визуализировать 380 работу зацепления. Визуализация возможна лишь в том случае, если модуль запущен из активного документа КОМПАС-3D типа *Чертеж*.

- ***Показать точку в ДБК***.

  Позволяет отобразить точку с текущими значениями коэффициентов смещения ***X1*** и ***X2*** на блокирующем контуре.

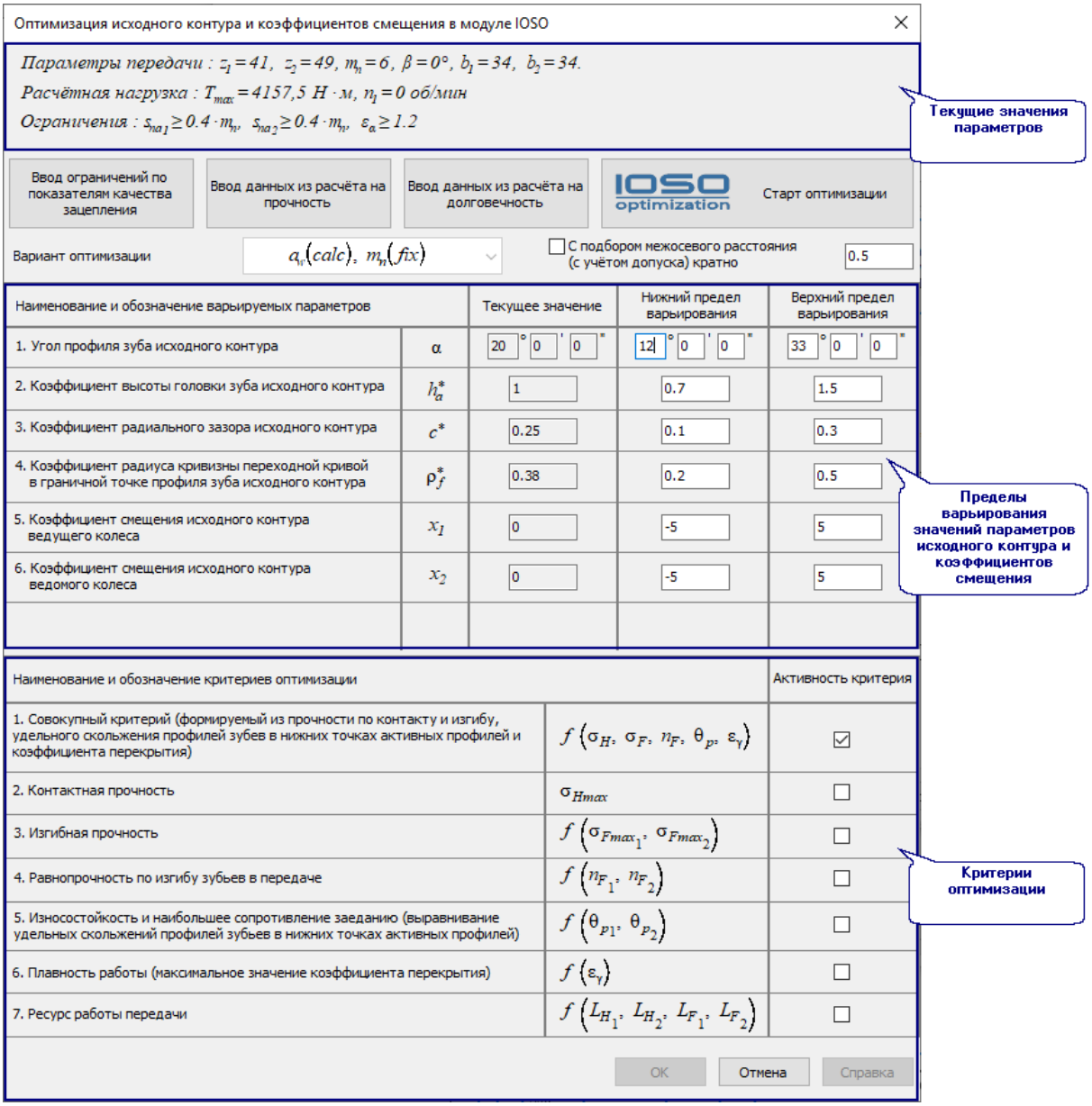
После анализа полученных результатов выберите в таблице наиболее подходящий вам вариант и нажмите кнопку ***ОК***. Значения коэффициентов смещения появятся в полях ввода ***Коэффициент смещения исходного контура*** в окне ***Геометрический расчет***.

Оптимизация исходного контура и коэффициентов смещения

Система *Валы и механические передачи 2D* интегрирована с приложением *Оптимизация IOSO-K*, разработанным компанией «СИГМА Технология». Приложение предназначено для оптимизации геометрии деталей и сборок в КОМПАС-3D. Средствами приложения можно оптимизировать параметры цилиндрической зубчатой передачи внешнего зацепления с учетом различных значений параметров исходного контура и коэффициентов смещения. Результаты оптимизации будут зависеть от стартовых условий, пределов поиска и выбранных критериев оптимизации. Все сочетания параметров передачи, полученные при оптимизации, будут гарантировать работоспособность конструкции, т. к. при оптимизации анализируется система ограничений системы *Валы и механические передачи 2D* (например, блокирующий контур).

Запуск процесса оптимизации инициируется при выборе модуля и исходного контура 22. Если указан вариант ***Нестандартный модуль или (и) нестандартный исходный контур*** и в списке возможных значений ***Исходный контур*** выбран вариант ***Нестандартный***, станет активна кнопка ***Оптимизация исходного контура и коэффициентов смещения в модуле многокритериальной оптимизации IOSO***. Нажмите ее, чтобы выполнить оптимизацию.

После нажатия кнопки откроется окно ***Оптимизация исходного контура и коэффициентов смещения в модуле IOSO***.



1. При необходимости введите или скорректируйте параметры передачи. Текущие значения параметров отображаются в верхней части окна. Для корректировки значений воспользуйтесь кнопками:
   - ***Ввод ограничений по показателям качества зацепления*** – открывает диалог 38, предназначенный для ввода произвольных значений *Коэффициентов минимально допустимого значения нормальной толщины зубьев на поверхности вершин* ***Sna1*** и ***Sna2*** и *Минимально допустимого значения коэффициента торцового перекрытия* ε_α;
   - ***Ввод данных из расчета на прочность*** – открывает диалог 38, предназначенный для ввода или корректировки параметров, требуемых для выполнения расчета на прочность;

- ***Ввод данных из расчета на долговечность*** – открывает диалог[39], предназначенный для ввода или корректировки параметров, требуемых для выполнения расчета на долговечность.

2. Выберите ***Вариант оптимизации*** из списка возможных значений. Количество возможных вариантов зависит от выбранного варианта[13] расчета и направления линии зуба шестерни.

   Если расчет передачи выполняется по коэффициентам смещения, подбор межосевого расстояния может быть выполнен с определенным шагом. Для этого включите опцию ***С подбором межосевого расстояния (с учетом допуска) кратно*** и введите в поле значение шага, кратно которому будет осуществляться подбор. Например, если значение *0,5*, возможные значения межосевого расстояния могут быть *…185*, *185,5*, *190*, *190,5* и т. д.

3. Укажите значения нижних и верхних пределов варьирования параметров исходного контура и коэффициентов смещения.

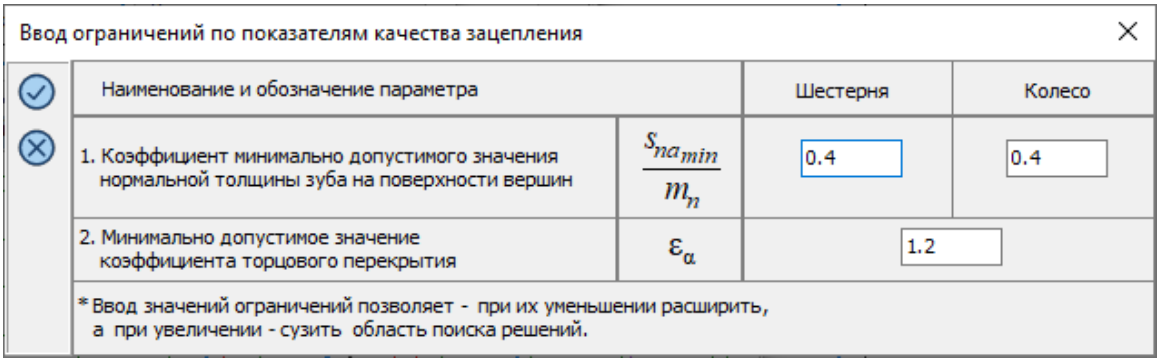
4. Отметьте критерии, по которым будет осуществляться оптимизация. Максимум может быть выбрано 2 критерия.

5. Для запуска процесса оптимизации нажмите кнопку ***Старт оптимизации***. После окончания процесса появится окно с его результатами[43].

Ввод ограничений по показателям качества зацепления

Диалог ***Ввод ограничений по показателям качества зацепления*** открывается после нажатия одноименной кнопки и предназначен для ввода произвольных значений следующих параметров:

- ***Sna min1/mn1*** и ***Sna min2/mn2*** – коэффициентов минимально допустимого значения нормальной толщины зубьев на поверхности вершин;
- ε_α – минимально допустимого значения коэффициента торцового перекрытия.



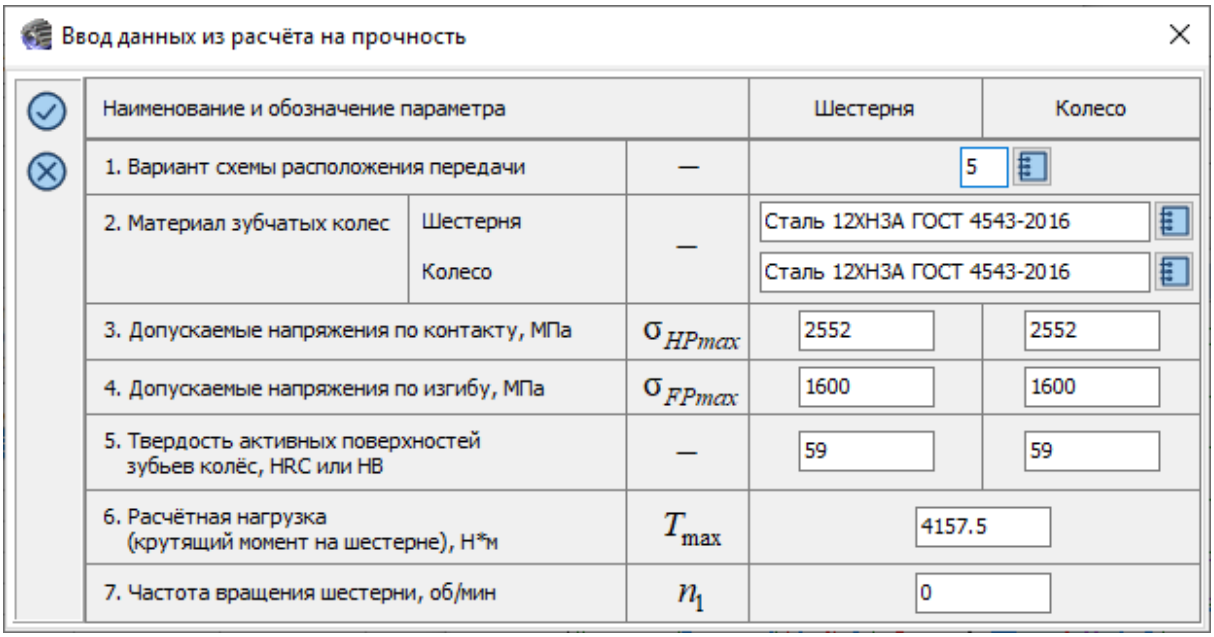
Чтобы подтвердить ввод значений и закрыть диалог, нажмите кнопку  .

Чтобы отказаться от ввода значений и закрыть диалог – кнопку  .

Ввод данных из расчета на прочность

Диалог ***Ввод данных из расчета на прочность*** открывается после нажатия одноименной кнопки и предназначен для:

- выбора варианта схемы расположения передачи – нажмите кнопку , расположенную справа от поля ***Вариант расположения передачи***, и выберите нужный вариант в раскрывшемся окне;
- выбора материалов, из которых изготавливаются зубчатые колеса, и термообработки (т.е. определение допускаемых напряжений по контакту и изгибу, а также твердости активных поверхностей зубьев) – нажмите кнопку , расположенную справа от полей ***Материал зубчатых колес*** – ***Шестерня*** и ***Материал зубчатых колес*** – ***Колесо***, и выберите нужный вариант в раскрывшемся окне; значения в полях ввода ***Допускаемые напряжения по контакту***, ***Допускаемые напряжения по изгибу*** и ***Твердость активных поверхностей зубьев колес*** появятся автоматически;
- ввода расчетной нагрузки (крутящего момента на шестерне ***Tmax*** и частоты вращения шестерни колеса ***n1***).



Чтобы подтвердить ввод значений и закрыть диалог, нажмите кнопку .

Чтобы отказаться от ввода значений и закрыть диалог – кнопку .

Ввод данных из расчета на долговечность

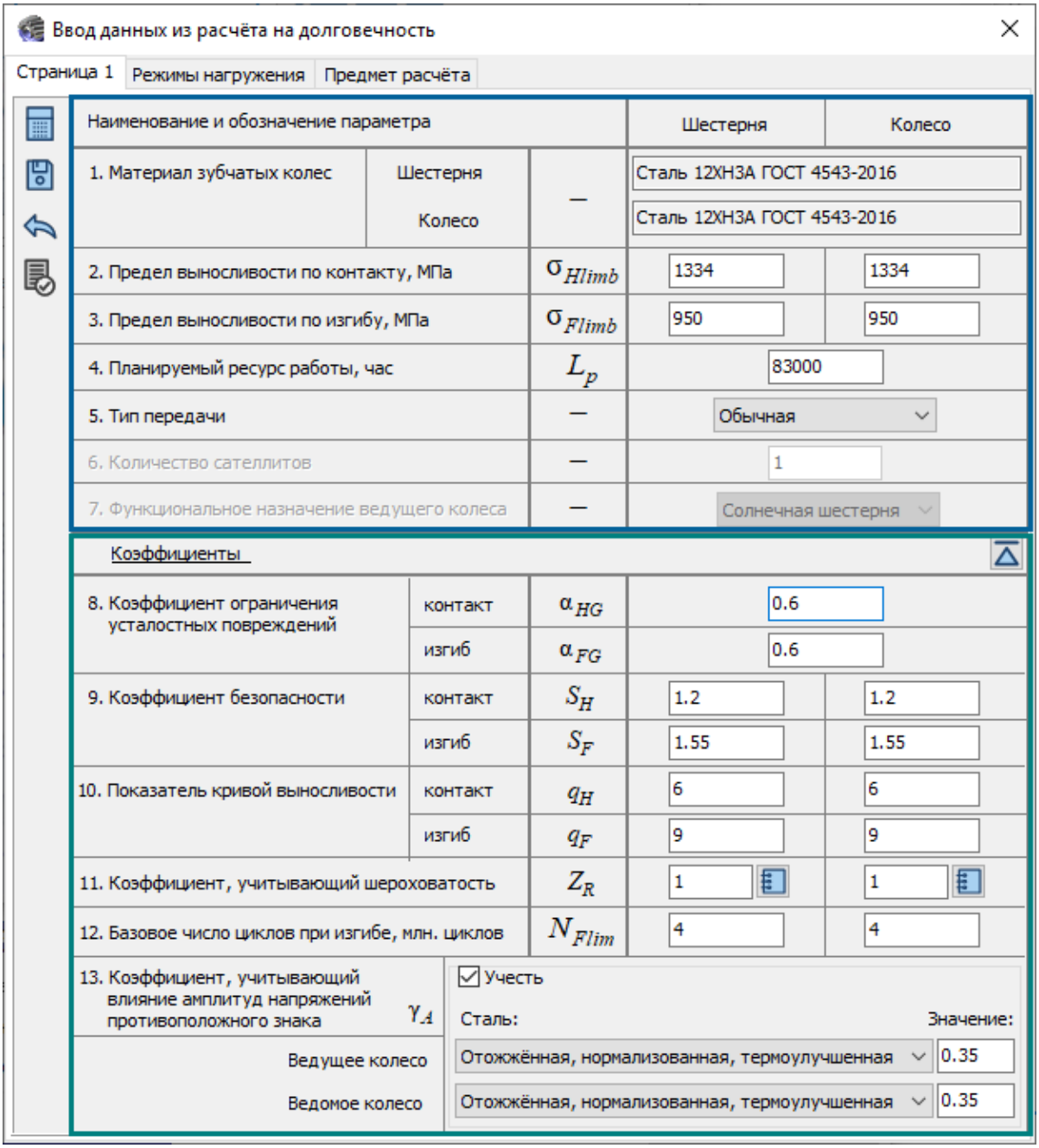
Диалог ***Ввод данных из расчета на долговечность*** появляется после нажатия одноименной кнопки.

Поля ввода исходных данных располагаются на двух страницах. Данные на странице ***Предмет расчета*** содержат описательную информацию о расчете.

Введите или измените данные на ***Странице 1***. Страница условно разделена на две области (панели):

- ***Параметры*** – предназначена для ввода значений параметров, необходимых для расчета;
- ***Коэффициенты*** – предназначена для ввода значений коэффициентов.

По умолчанию панель ***Коэффициенты*** скрыта. Чтобы раскрыть ее, щелкните мышью по названию панели ***Коэффициенты*** или нажмите кнопку ***Показать панель с коэффициентами***. Повторный щелчок мышью по названию панели или нажатие кнопки ***Скрыть панель с коэффициентами*** приведет к тому, что панель ***Коэффициенты*** будет скрыта.



Особенности ввода некоторых данных на первой странице:

- **предел выносливости по контакту** σ_{Hlimb};

Значение определяется автоматически, если материала был выбран из *Модуля материалов*.

При НВ < 350, нормализации или улучшении:

$$\sigma_{H\,lim\,b} = 2\,H_{HB} + 70$$

При *HRC* > *56*, цементации или нитроцементации:

$$\sigma_{H\,lim\,b} = 23\,H_{HRC}$$

- **предел выносливости по изгибу** $\sigma^{o}_{f\,lim\,b}$;

Значение определяется автоматически, если материала был выбран из *Модуля материалов*.

Предел выносливости по изгибу, соответствующий базовому числу циклов перемены напряжений, принимается по таблице ГОСТ 21354-87 в зависимости от марки материала и вида термообработки.

- **тип передачи**;

При расчете планетарной передачи выберите из списка возможных значений вариант ***Планетарная***. Станут активны поля ***Количество сателлитов*** и ***Функциональное назначение ведущего колеса***.

- **количество сателлитов**;

Если простая передача, то количество сателлитов = *1*. Для планетарной передачи количество сателлитов задается для того, чтобы пересчитать количество циклов солнечной шестерни.

- **коэффициент ограничения усталостных повреждений по контакту и изгибу**;

Значение определяется автоматически, если материала был выбран из *Модуля материалов*. По умолчанию 0,6. При необходимости значение коэффициента можно изменить. Диапазон возможных значений – 0,6…0,75.

- **коэффициент запаса прочности (безопасности) по контакту SH**;

Значение определяется автоматически, если материала был выбран из *Модуля материалов*.
Для зубчатых колес с однородной структурой материала ***SH=1,1***. Для зубчатых колес с поверхностным упрочнением ***SH=1,2***.
Для передач, выход из строя которых связан с тяжелыми последствиями, рекомендуется приведенные значения увеличивать до ***1,25*** и ***1,35*** соответственно.

- **коэффициент запаса прочности (безопасности) по изгибу SF**;

Значение определяется автоматически, если материала был выбран из *Модуля материалов*.

Коэффициент учитывает нестабильность свойств материала зубчатых колес и ответственность зубчатой передачи. Выбирается в зависимости от марки материала, способа термической и химико-термической обработки и заданной вероятности неразрушения по таблице ГОСТ 21354-87.

Так для сталей 18ХГТ, 12Х2Н4А, 20Х2Н4А, 12ХН3А, 20ХН3А, 30ХН3А (цементация) – ***SF=1,55***, а для сталей 38ХС, 45Х, 45 (нормализация, улучшение) – ***SF=1,75***.

- **показатель кривой выносливости qH**;

  Значение определяется автоматически, если материала был выбран из *Модуля материалов*.

  Начальные значения принимаются:

  по контакту - ***qH =6***,
  по изгибу - ***qF =6*** – для колес с твердостью поверхности зубьев HB < 350, а также для колес, закаленных при нагреве ТВЧ с обрывом закаленного слоя у переходной поверхности, и зубчатых колес со шлифованной переходной поверхностью независимо от твердости и термообработки;
  qF =9 – для колес с нешлифованной переходной поверхностью при твердости поверхности зубьев HB > 350 и чугунных колес.

- **коэффициент, учитывающий шероховатость**;

  Определяется по тому из сопряженных колес, зубья которого имеют более грубые поверхности, т.е. в зависимости от класса шероховатости поверхности. Значения его следующие:

Класс шероховатости поверхности	Коэффициент
>= 7 (Ra = 1.25..0.63)	1,00
6 (Ra = 2.5..1.25)	0,95
4..5 (Ra = 40..10)	0,90

  По умолчанию задается 1,0.

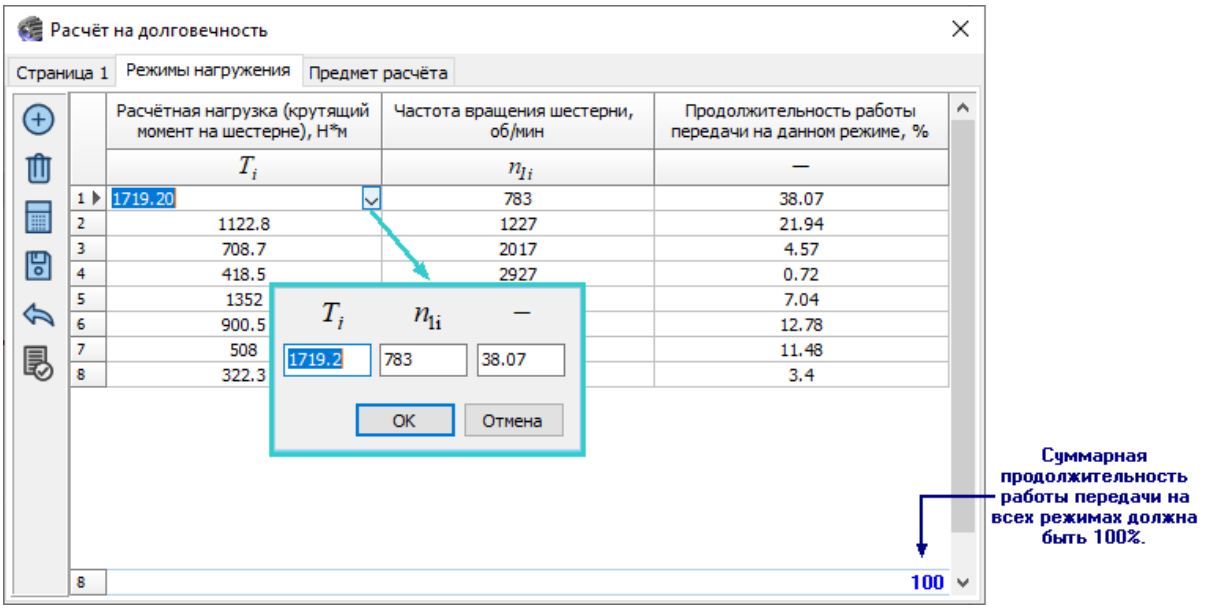
- **базовое число циклов при изгибе**;

  По умолчанию задается **NFO= 4** млн.циклов.

- **коэффициент, учитывающий влияние амплитуд напряжений противоположного знака**.

  Если элементы передачи испытывают знакопеременную нагрузку, то при расчете на выносливость необходимо ввести коэффициент, значение которого определяется автоматически, в зависимости от свойств материала. Для учета коэффициента включите опцию ***Учесть***.
  Чтобы не учитывать коэффициент, выключите опцию.

Введите данные на странице ***Режимы нагружения***.



Особенности ввода некоторых данных: исходная нагрузка для «контакта» и «изгиба» вводится отдельно, но по умолчанию принимается равной.

Для управления списком режимов нагружения используйте кнопки панели инструментов.
Чтобы ввести или отредактировать значения параметров режима нагружения, выделите нужную строку и щелкните левой клавишей мыши в ячейке с любым параметром. В правой части ячейки появится кнопка с треугольником. Нажмите ее и введите значения параметров режима нагружения в открывшемся окне.

Для управления расчетом и данными используйте кнопки инструментальной панели.

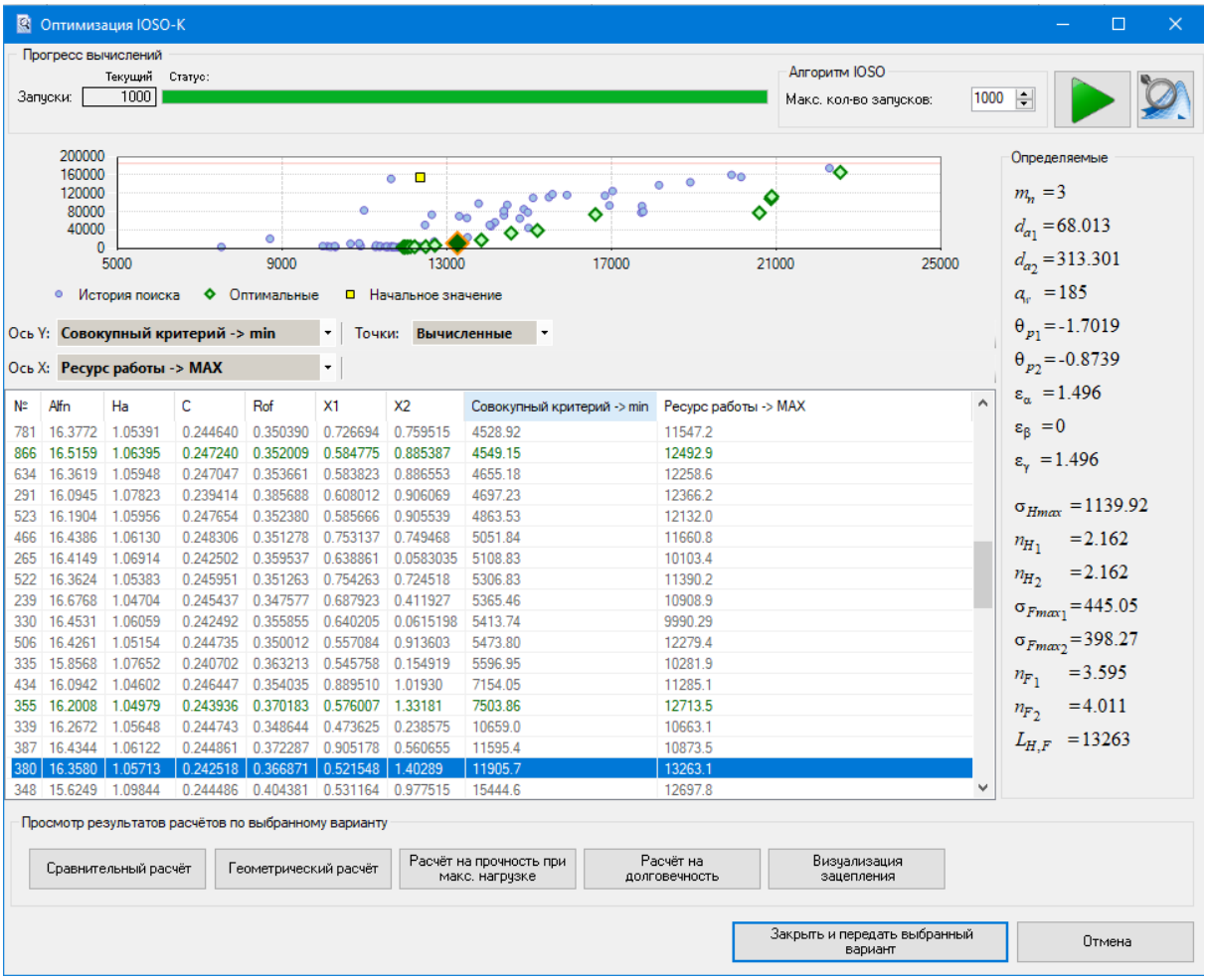
После выполнения расчета его результаты будут представлены в виде отчета и показаны в окне ***Результаты расчета***.

В ряде случаев в отчете с результатами расчета могут отображаться значения ресурса по контакту и изгибу равные «999999». Это означает, что ресурс передачи практически бесконечен. Как правило, такой результат является следствием несущественных значений эквивалентных напряжений. Подробная информация о коэффициентах ограничения усталостных повреждений содержится в ГОСТ 21354-87 на странице 66 (Приложение 3 «Методы учета нагрузок, изменяющихся во времени», пункт 3 «Метод эквивалентных напряжений»).

Результаты оптимизации

После выполнения оптимизации появится окно с ее результатами. Результаты представлены в виде таблицы.

Значения параметров исходного контура и коэффициентов смещения, являющихся оптимальными с точки зрения критериев оптимизации, выделены зеленым цветом



Таблицу можно отсортировать по значениям параметров исходного контура и коэффициентов смещения. Для этого необходимо щелкнуть в поле с заголовком параметра - таблица отсортируется по его значениям.

При наведении курсора на строку таблицы в правой части окна появятся значения параметров передачи, соответствующие текущим значениям параметров исходного контура и коэффициентов смещения.

Для просмотра результатов расчета с учетом значений параметров исходного контура и коэффициентов смещения, выделенных в таблице, в группе кнопок ***Просмотр результатов расчетов по выбранному варианту*** нажмите нужную:

- ***Сравнительный расчет***;
- ***Геометрический расчет***;
- ***Расчет на прочность при макс. нагрузке***;
- ***Расчет на долговечность***.

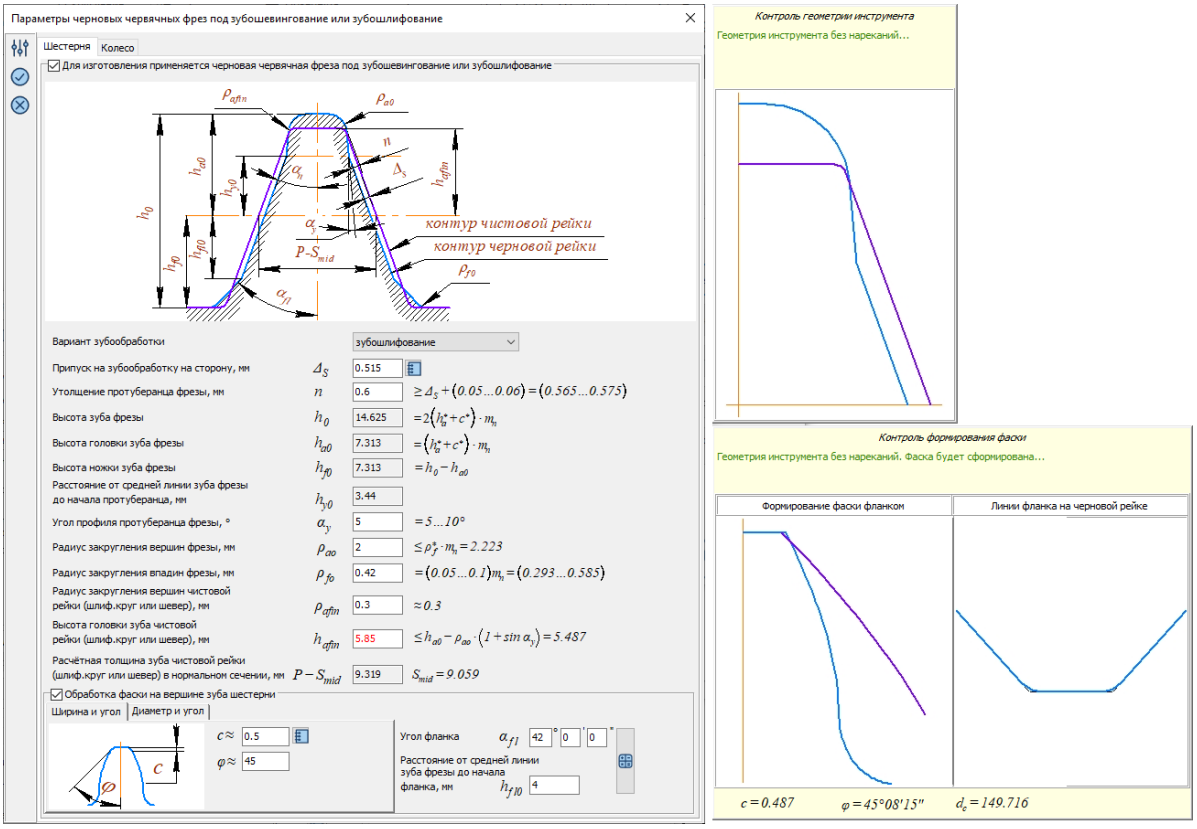
Для визуализации работы зубчатого зацепления, нажмите кнопку ***Визуализация зацепления***.

Чтобы еще раз запустить процесс оптимизации, нажмите кнопку  .

Чтобы завершить процесс оптимизации и передать значения параметров исходного контура и коэффициентов смещения, указанные в таблице, для дальнейшей работы в систему *Валы и механические передачи 2D*, нажмите кнопку ***Закрыть и передать выбранный вариант***.

Параметры черновых червячных фрез

При выполнении геометрического расчета цилиндрических зубчатых передач внешнего зацепления можно задать параметры червячных фрез под зубошевингование и зубошлифование. Для этого в окне ***Геометрический расчет*** 14 на панели инструментов ***Страницы 2*** нажмите кнопку  ***Назначить параметры червячных фрез под шевингование и шлифование***. Откроется окно ***Параметры черновых червячных фрез под зубошевингование или зубошлифование***.



В левой части окна находится панель инструментов с кнопками:

 ***Настройки –*** предназначена для настройки 46 параметров ввода исходных данных и расчета;

 ***ОК*** – предназначена для подтверждения значений параметров фрезы при выполнении расчета зубчатой передачи и выхода из окна настройки параметров;

 ***Отмена*** – предназначена для выхода из окна определения параметров фрезы без сохранения значений ее параметров.

На вкладках ***Шестерня*** и ***Колесо*** имеются опции, которые определяют необходимость назначения параметров фрезы для шестерни и колеса. При включенных опциях элементы управления на вкладке активные.

В верхней части вкладок изображены контуры черновой и чистовой рейки червячной фрезы, на которые нанесены обозначения их параметров. Ниже находится раскрывающийся список ***Вариант зубообработки***, предназначенный для выбора одного из вариантов: ***зубошлифование*** или ***зубошевингование***.

Значения параметров, соответствующих выбранному варианту зубообработки, отображаются в соответствующих полях ввода. Значения, находящиеся на белом фоне, можно скорректировать.

Значение параметра ***Припуск на зубообработку на сторону*** можно ввести при помощи клавиатуры или воспользоваться для ввода кнопкой  ***Установить припуск на зубообработку***.

При изменении значений параметров нужно следовать рекомендациям, которые приведены справа от соответствующих полей ввода. Результаты контроля геометрии фрезы зависят от текущих значений параметров и показаны в области ***Контроль геометрии инструмента***. В случае неудовлетворительных результатов значения параметров потребуется изменить.

Если требуется обработка фаски на вершине зуба, включите опцию ***Обработка фаски на вершине зуба шестерни***.

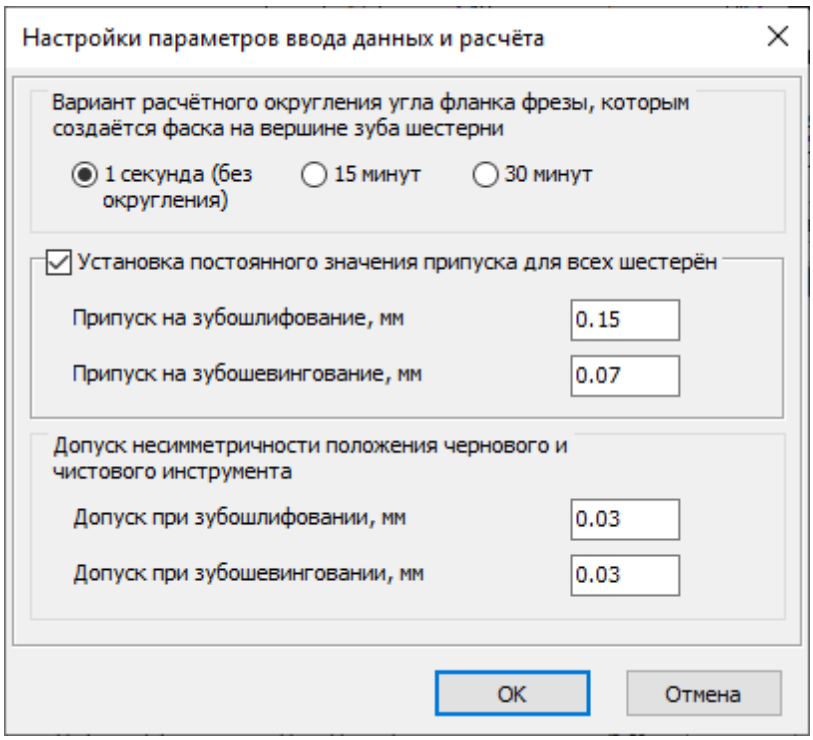
Параметры фаски могут быть заданы по ***ширине*** и ***углу*** и ***диаметру*** и ***углу***. Раскройте вкладку, соответствующую нужному варианту, и задайте значения параметров фаски.

Для расчета параметров фланка, обеспечивающего изготовление фаски, нажмите кнопку  ***Расчет параметров фланка***. После выполнения расчета:

- значения параметров фланка появятся в соответствующих полях;
- результаты контроля возможности изготовления фаски появятся в области ***Контроль формирования фаски***; в этой же области будут показаны реальные значения параметров фаски, сформированной фрезой с определяемыми параметрами.

Настройка параметров ввода данных и расчета

Настройка параметров ввода исходных данных и расчета червячных фрез под зубошевингование и зубошлифование осуществляется в диалоге, который открывается после нажатия кнопки  ***Настройки***, которая расположена на панели инструментов окна ***Параметры черновых червячных фрез под зубошевингование или зубошлифование*** 45.



1. Выберите вариант округления при расчете угла фланка фрезы, которым создается фаска на вершине зуба шестерни.
2. Чтобы задать значения припусков на зубошлифование и зубошевингование, включите опцию ***Установка постоянного значения припуска для всех шестерен*** и введите значения в поля ***Припуск на зубошлифование*** и ***Припуск на зубошевингование***.
3. В полях ***Допуск при зубошлифовании*** и ***Допуск при зубошевинговании*** введите значения допуска несимметричности положения чернового и чистового инструмента.
4. Нажмите кнопку ***ОК***.

Расчет на прочность

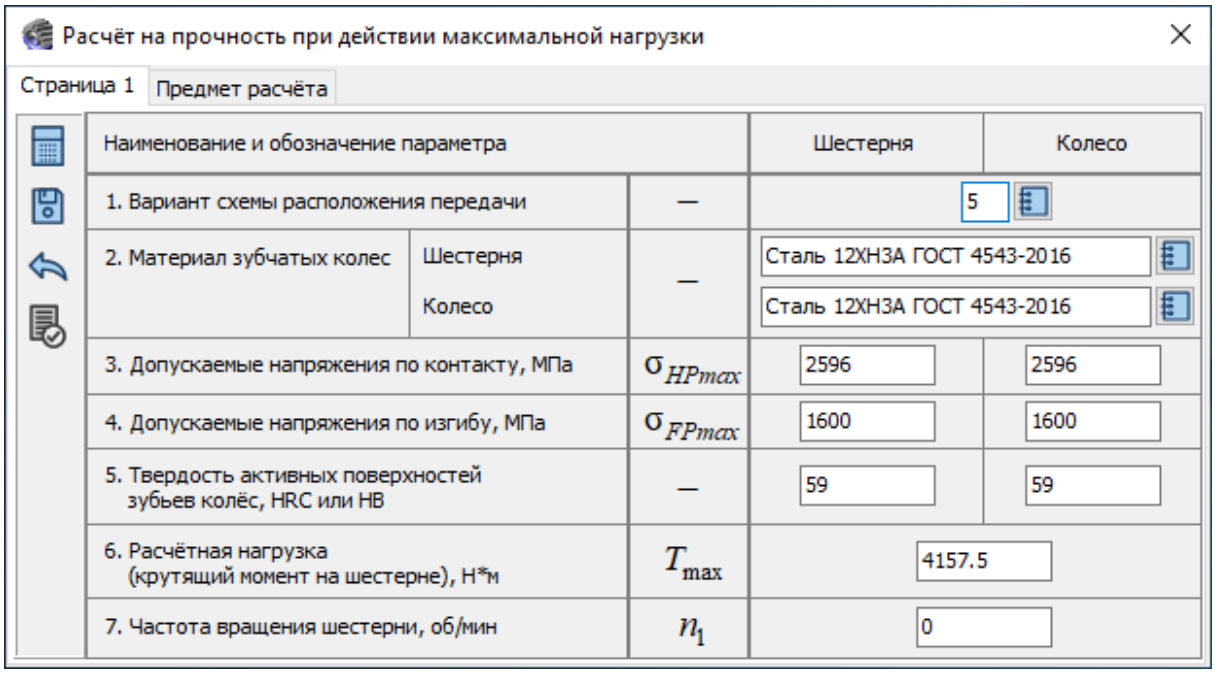
Описание расчета 47;
Выбор схемы расположения передачи 49.

Описание расчета

Цель проведения расчета зубчатых колес внешнего зацепления на прочность – определение коэффициентов запаса по контактным напряжениям и напряжениям изгиба.
Расчет на прочность при действии максимальной нагрузки выполняется по ГОСТ 21354-87 «Передачи зубчатые цилиндрические эвольвентные внешнего зацепления. Расчет на прочность».

Поля ввода исходных данных располагаются на ***Странице 1***. Данные на странице ***Предмет расчета*** (описательная информация о расчете) постоянны для всех расчетов передачи (геометрия, прочность, долговечность).

Введите исходные данные на ***Странице 1***.



Особенности ввода некоторых данных:

- **вариант схемы расположения передачи**;

  Выбор осуществляется в специализированном диалоге[49], который открывается после нажатия кнопки .

- **материал зубчатых колес**;

  Введите значение вручную или нажмите кнопку . Загрузится *Модуль выбора материалов*, с помощью которого вы сможете выбрать материал зубчатого колеса и определить механические свойства этого материала.

- **допускаемые напряжения по контакту** $\sigma_{HP\,max}$;

  Значение определяется автоматически, если материал был выбран из *Модуля материалов*.

  Для зубьев, подвергнутых нормализации, улучшению или закалке:

  $$\sigma_{HP\,max} = 2{,}8\sigma_T,$$

  где σ_T - предел текучести материала при растяжении, МПа.

  Для зубьев цементованных:

  $$\sigma_{HP\,max} = 40H_{HRC},$$

  где H_{HRC} - твердость поверхности зуба в единицах Роквелла.

  Для зубьев азотированных:

  $$\sigma_{HP\,max} = 3H_{HV},$$

  где H_{HV} - твердость поверхности зуба в единицах Виккерса.

- **допускаемые напряжения по изгибу** σ_{FPM};

Значение определяется автоматически, если материал был выбран из *Модуля материалов*.

Для легированных и углеродистых сталей при нормализации или улучшении:

$$\sigma_{FPM} = \frac{\sigma_{F lim M}}{S_{FM}} = \frac{4,8 H_{HB}}{1,75},$$

где H_{HB} - твердость поверхности зуба в единицах Бринелля.

Для легированных сталей, содержащих никель более 1%, при цементации:

$$\sigma_{FPM} = \frac{\sigma_{F lim M}}{S_{FM}} = \frac{2650}{1,75} = 1514,3 МПа$$

- **твердость активных поверхностей зубьев**;

  Значение определяется автоматически, если выбор материала был осуществлен из *Модуля материалов*.

- **расчетная нагрузка**.

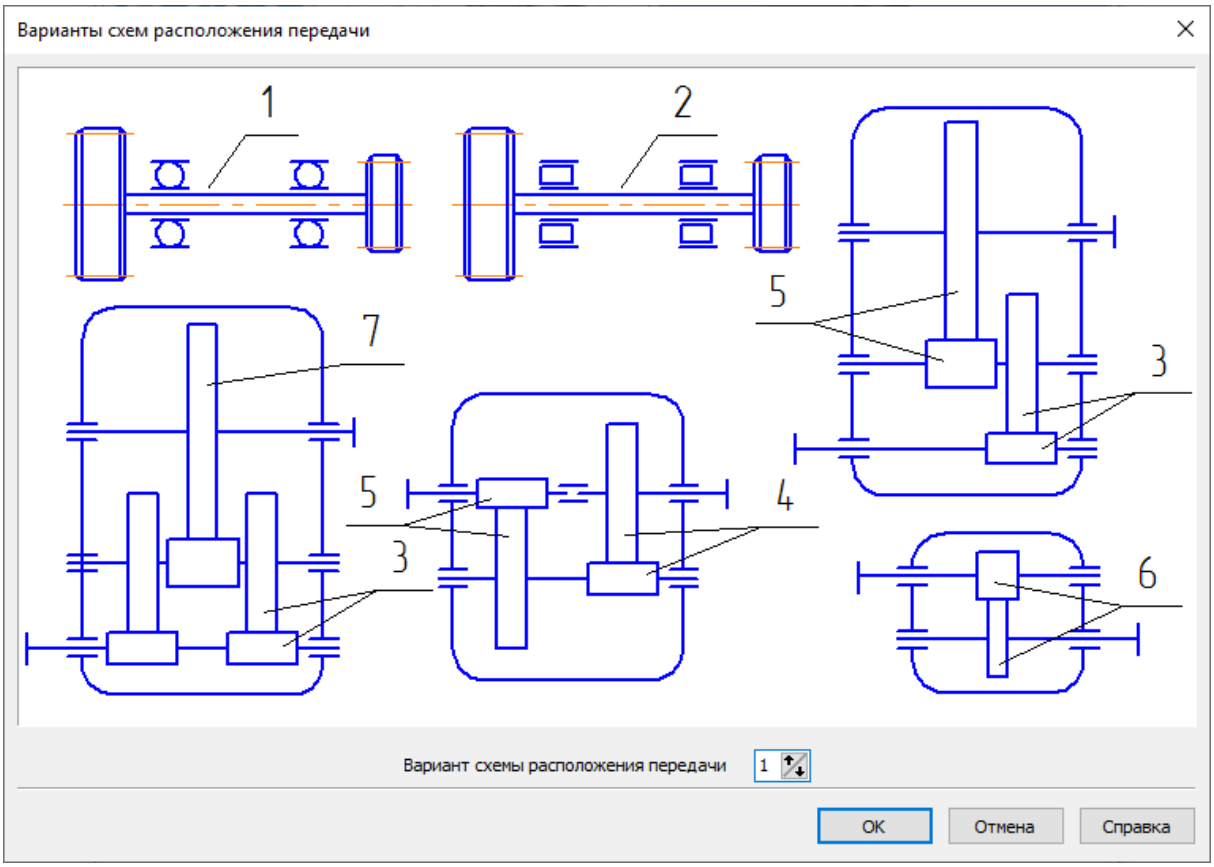
  Задается на шестерне.

Для управления данными и расчетом используйте кнопки инструментальной панели.

После выполнения расчета его результаты будут представлены в виде отчета и показаны в окне ***Результаты расчета***.

Выбор схемы расположения передачи

Чтобы выбрать схему расположения передачи из предлагаемых вариантов, укажите номер схемы в поле ввода или щелкните мышью на ее изображении (например, рядом с цифрой на рисунке).



Расчет на долговечность

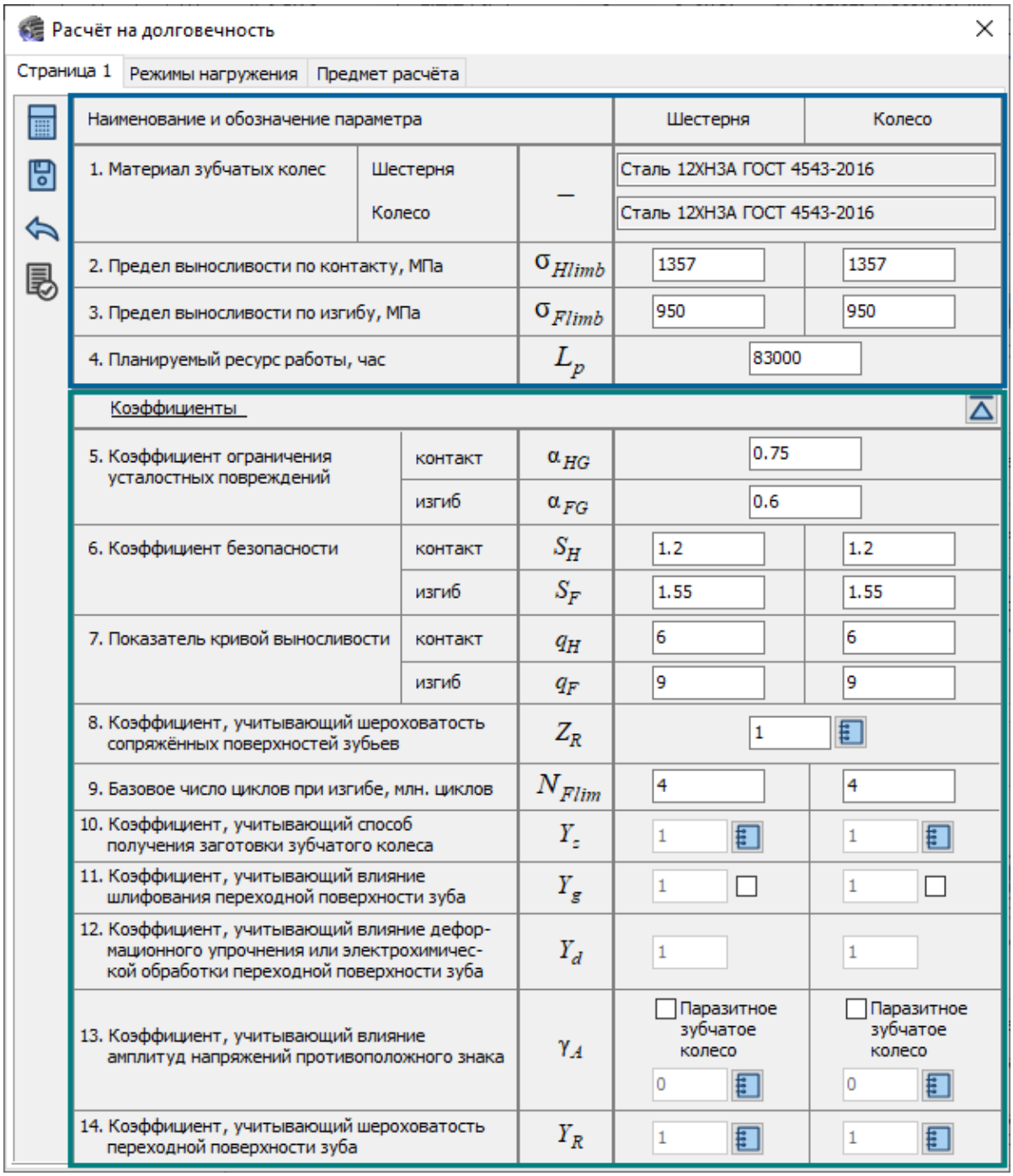
Цель проведения расчета зубчатых колес внешнего зацепления на выносливость – определение контактной долговечности и долговечности при изгибе (т.е. определяется ресурс в часах, а также эквивалентные контактные и изгибные напряжения). Расчет производится по методу эквивалентных напряжений.

Поля ввода исходных данных располагаются на двух страницах. Данные на странице ***Предмет расчета*** (описательная информация о расчете) постоянны для всех расчетов передачи (геометрия, прочность, долговечность).

Введите данные на ***Странице 1***. Страница условно разделена на две области (панели):

- ***Параметры*** – предназначена для ввода значений параметров, необходимых для расчета;
- ***Коэффициенты*** – предназначена для ввода значений коэффициентов.

По умолчанию панель ***Коэффициенты*** скрыта. Чтобы раскрыть ее, щелкните мышью по названию панели ***Коэффициенты*** или нажмите кнопку ***Показать панель с коэффициентами***. Повторный щелчок мышью по названию панели или нажатие кнопки ***Скрыть панель с коэффициентами*** приведет к тому, что панель ***Коэффициенты*** будет скрыта.



Особенности ввода некоторых данных на первой странице:

- **предел выносливости по контакту** $\sigma_{H lim b}$;

  Значение определяется автоматически, если материала был выбран из *Модуля материалов*.

  При НВ < 350, нормализации или улучшении:

  $$\sigma_{H lim b} = 2 H_{HB} + 70$$

При *HRC* > *56*, цементации или нитроцементации:

$$\sigma_{H\,lim b} = 23\,H_{HRC}.$$

- **предел выносливости по изгибу** $\sigma^{o}_{f\,lim b}$;

  Значение определяется автоматически, если материала был выбран из *Модуля материалов*.

  Предел выносливости по изгибу, соответствующий базовому числу циклов перемены напряжений, принимается по таблице ГОСТ 21354-87 в зависимости от марки материала и вида термообработки.

- **коэффициент ограничения усталостных повреждений по контакту и изгибу**;

  Значение определяется автоматически, если материала был выбран из *Модуля материалов*. По умолчанию 0,6. При необходимости значение коэффициента можно изменить. Диапазон возможных значений – 0,6…0,75.

- **коэффициент запаса прочности (безопасности) по контакту SH**;

  Значение определяется автоматически, если материала был выбран из *Модуля материалов*.
  Для зубчатых колес с однородной структурой материала ***SH=1,1***. Для зубчатых колес с поверхностным упрочнением ***SH=1,2***.
  Для передач, выход из строя которых связан с тяжелыми последствиями, рекомендуется приведенные значения увеличивать до ***1,25*** и ***1,35*** соответственно.

- **коэффициент запаса прочности (безопасности) по изгибу SF**;

  Значение определяется автоматически, если материала был выбран из *Модуля материалов*.

  Коэффициент учитывает нестабильность свойств материала зубчатых колес и ответственность зубчатой передачи. Выбирается в зависимости от марки материала, способа термической и химико-термической обработки и заданной вероятности неразрушения по таблице ГОСТ 21354-87.

  Так для сталей 18ХГТ, 12Х2Н4А, 20Х2Н4А, 12ХН3А, 20ХН3А, 30ХН3А (цементация) – ***SF=1,55***, а для сталей 38ХС, 45Х, 45 (нормализация, улучшение) – ***SF=1,75***.

- **показатель кривой выносливости qH**;

  Значение определяется автоматически, если материала был выбран из *Модуля материалов*.

  Начальные значения принимаются:

  по контакту - ***qH =6***,
  по изгибу - ***qF =6*** – для колес с твердостью поверхности зубьев HB < 350, а также для колес, закаленных при нагреве ТВЧ с обрывом закаленного слоя у переходной поверхности, и зубчатых колес со шлифованной переходной поверхностью независимо от твердости и термообработки;
  qF =9 – для колес с нешлифованной переходной поверхностью при твердости поверхности зубьев HB > 350 и чугунных колес.

- **коэффициент, учитывающий шероховатость сопряженных поверхностей зубьев**;

  Определяется по тому из сопряженных колес, зубья которого имеют более грубые поверхности, т.е. в зависимости от класса шероховатости поверхности. Для ввода значений нажмите кнопку  ***Выбор коэффициента*** и дважды щелкните мышью по нужной строке в открывшейся таблице.

  По умолчанию задается 1,0.

- **базовое число циклов при изгибе**;

  По умолчанию задается **NFO= 4** млн.циклов.

- **коэффициент, учитывающий способ получения заготовки зубчатого колеса**;

  Для ввода значений нажмите кнопку  ***Выбор коэффициента*** и дважды щелкните мышью по нужной строке в открывшейся таблице.

- **коэффициент, учитывающий влияние шлифования переходной поверхности зуба**;

  Чтобы учитывать этот коэффициент для шестерни и (или) колеса, включите опции, расположенные справа от полей ввода.

  Значения коэффициента задаются в зависимости от способа термической или химико-термической обработки по таблицам, приведенным в ГОСТ 21354-87 «Передачи зубчатые цилиндрические эвольвентные внешнего зацепления. Расчет на прочность». Для зубчатых колес с нешлифованной переходной поверхностью зубьев коэффициент принимают равным 1.

- **коэффициент, учитывающий влияние деформационного упрочнения или электрохимической обработки переходной поверхности зуба**;

  Значения коэффициента задаются в зависимости от способа термической или химико-термической обработки по таблицам, приведенным в ГОСТ 21354-87 «Передачи зубчатые цилиндрические эвольвентные внешнего зацепления. Расчет на прочность». Для зубчатых колес без деформационного упрочнения или электрохимической обработки переходной поверхности коэффициент принимают равными 1.

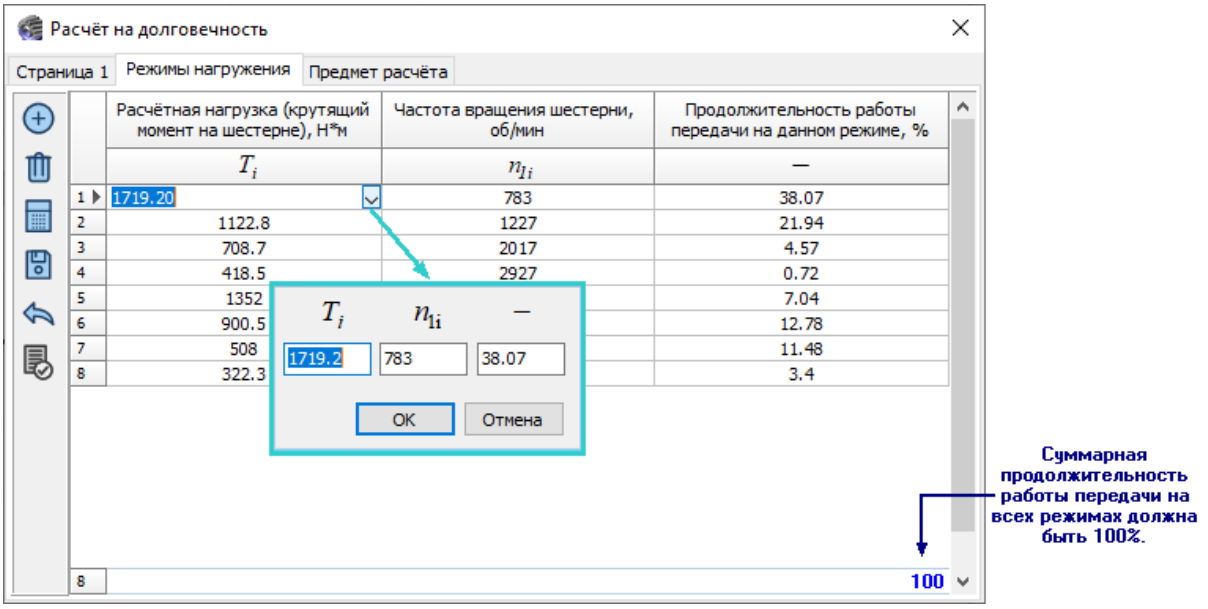
- **коэффициент, учитывающий влияние амплитуд напряжений противоположного знака**;

  Если элементы передачи испытывают знакопеременную нагрузку, то при расчете необходимо ввести коэффициент, значение которого определяется автоматически в зависимости от свойств материала. Для ввода значений коэффициента нажмите кнопку  ***Выбор коэффициента*** и дважды щелкните мышью по нужной строке в открывшейся таблице. Если шестерня паразитная (включена соответствующая опция), то значение 0 установить невозможно.

- **коэффициент, учитывающий шероховатость переходной поверхности зуба**.

  Для ввода значений коэффициента нажмите кнопку  ***Выбор коэффициента*** и дважды щелкните мышью по нужной строке в открывшейся таблице.

Введите данные на странице ***Режимы нагружения***.



Для управления списком режимов нагружения используйте кнопки панели инструментов.
Чтобы ввести или отредактировать значения параметров режима нагружения, выделите нужную строку и щелкните левой клавишей мыши в ячейке с любым параметром. В правой части ячейки появится кнопка с треугольником. Нажмите ее и введите значения параметров режима нагружения в открывшемся окне.

Для управления расчетом и данными используйте кнопки инструментальной панели.

После выполнения расчета его результаты будут представлены в виде отчета и показаны в окне ***Результаты расчета***.

В ряде случаев в отчете с результатами расчета могут отображаться значения ресурса по контакту и изгибу равные «999999». Это означает, что ресурс передачи практически бесконечен. Как правило, такой результат является следствием несущественных значений эквивалентных напряжений. Подробная информация о коэффициентах ограничения усталостных повреждений содержится в ГОСТ 21354-87 на странице 66 (Приложение 3 «Методы учета нагрузок, изменяющихся во времени», пункт 3 «Метод эквивалентных напряжений»).

Проектный расчет

Описание расчета 54;
Выбор оптимального варианта зубчатой передачи 60.

Описание расчета

Цель проектного расчета зубчатых колес внешнего зацепления заключается в определении параметров зубчатой передачи в зависимости от условий ее работы.
Расчет осуществляется методом дискретного поиска. В результате будут предложено до 15 вариантов параметров передачи, обеспечивающих прочность и планируемый ресурс работы при

заданной циклограмме нагружения, заданном материале и наложенных геометрических ограничениях.

Проектный расчет возможен:

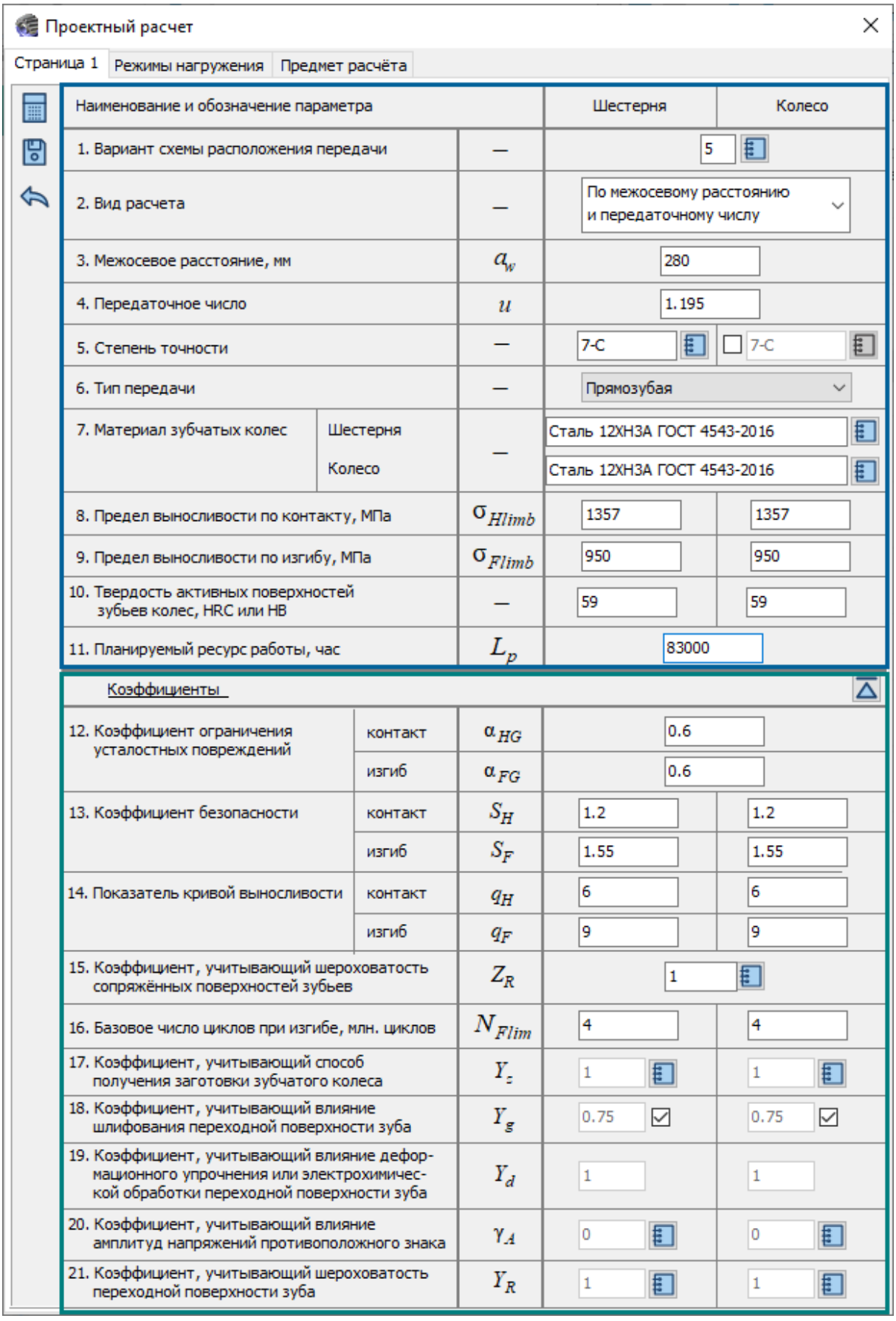
- по заданному межосевому расстоянию и передаточному отношению;
- по числам зубьев передачи.

Поля ввода исходных данных располагаются на трех страницах. Данные на странице ***Предмет расчета*** (описательная информация о расчете) постоянны для всех расчетов передачи (геометрия, прочность, долговечность, проектный).

Введите данные на ***Странице 1***. Страница условно разделена на две области (панели):

- ***Параметры*** – предназначена для ввода значений параметров, необходимых для расчета;
- ***Коэффициенты*** – предназначена для ввода значений коэффициентов.

По умолчанию панель ***Коэффициенты*** скрыта. Чтобы раскрыть ее, щелкните мышью по названию панели ***Коэффициенты*** или нажмите кнопку  ***Показать панель с коэффициентами***. Повторный щелчок мышью по названию панели или нажатие кнопки  ***Скрыть панель с коэффициентами*** приведет к тому, что панель ***Коэффициенты*** будет скрыта.


Проектный расчет
Страница 1
Режимы нагружения
Предмет расчёта
Наименование и обозначение параметра
Шестерня
Колесо
1. Вариант схемы расположения передачи
5
2. Вид расчета
По межосевому расстоянию и передаточному числу
3. Межосевое расстояние, мм
280
4. Передаточное число
1.195
5. Степень точности
7-C
7-C
6. Тип передачи
Прямозубая
7. Материал зубчатых колес
Шестерня
Колесо
Сталь 12ХН3А ГОСТ 4543-2016
Сталь 12ХН3А ГОСТ 4543-2016
8. Предел выносливости по контакту, МПа
1357
1357
9. Предел выносливости по изгибу, МПа
950
950
10. Твердость активных поверхностей зубьев колес, HRC или HB
59
59
11. Планируемый ресурс работы, час
83000
Коэффициенты
12. Коэффициент ограничения усталостных повреждений
контакт
изгиб
0.6
0.6
13. Коэффициент безопасности
контакт
изгиб
1.2
1.55
1.2
1.55
14. Показатель кривой выносливости
контакт
изгиб
6
9
6
9
15. Коэффициент, учитывающий шероховатость сопряжённых поверхностей зубьев
1
16. Базовое число циклов при изгибе, млн. циклов
4
4
17. Коэффициент, учитывающий способ получения заготовки зубчатого колеса
1
1
18. Коэффициент, учитывающий влияние шлифования переходной поверхности зуба
0.75
0.75
19. Коэффициент, учитывающий влияние деформационного упрочнения или электрохимической обработки переходной поверхности зуба
1
1
20. Коэффициент, учитывающий влияние амплитуд напряжений противоположного знака
0
0
21. Коэффициент, учитывающий шероховатость переходной поверхности зуба
1
1

Особенности ввода некоторых данных на первой странице:

- **вариант схемы расположения передачи**;

  Нажмите кнопку  , расположенную справа от поля ***Вариант расположения передачи***, и выберите нужный вариант в открывшемся окне.

- **вид расчета**;

  Выберите вариант расчета из списка возможных значений:

  - ***По межосевому расстоянию и передаточному отношению***;
  - ***По числам зубьев передачи***.

  В зависимости от выбранного варианта набор параметров, значения которых потребуется ввести для выполнения расчета, будет отличаться.

- **межосевое расстояние и передаточное отношение**;

  Значение этих параметров потребуется ввести, если в поле ***Вариант расчета*** выбран вариант ***По межосевому расстоянию и передаточному отношению***.

  Значения параметров вводятся при помощи клавиатуры.

- **числа зубьев шестерни и колеса**;

  Значение этих параметров потребуется ввести, если в поле ***Вариант расчета*** выбран вариант ***По числам зубьев передачи***.

  Значения параметров вводятся при помощи клавиатуры.

- **степень точности**;

  Особенности назначения степени точности приведены в описании геометрического расчета 14.
  Чтобы для колеса назначить степень точности, отличную от шестерни, включите опцию, расположенную слева от поля ввода степени точности колеса.

- **тип передачи**;

  Значение параметра ***Тип передачи*** потребуется выбрать из раскрывающегося списка, если в поле ***Вариант расчета*** указан вариант ***По числам зубьев передачи***.

- **материал зубчатых колес**;

  Введите значение вручную или нажмите кнопку  . Загрузится *Модуль выбора материалов*, с помощью которого вы сможете выбрать материал зубчатого колеса и определить механические свойства этого материала.

- **предел выносливости по контакту** $\sigma_{H lim b}$;

  Значение определяется автоматически, если материала был выбран из *Модуля материалов*.

  При НВ < 350, нормализации или улучшении:

  $$\sigma_{H lim b} = 2\,H_{HB} + 70$$

При *HRC > 56*, цементации или нитроцементации:

$$\sigma_{H\,lim\,b} = 23\,H_{HRC}.$$

- **предел выносливости по изгибу** $\sigma^{o}_{f\,lim\,b}$;

  Значение определяется автоматически, если материала был выбран из *Модуля материалов*.

  Предел выносливости по изгибу, соответствующий базовому числу циклов перемены напряжений, принимается по таблице ГОСТ 21354-87 в зависимости от марки материала и вида термообработки.

- **коэффициент запаса прочности (безопасности) по контакту SH**;

  Значение определяется автоматически, если материала был выбран из *Модуля материалов*.
  Для зубчатых колес с однородной структурой материала ***SH=1,1***. Для зубчатых колес с поверхностным упрочнением ***SH=1,2***.
  Для передач, выход из строя которых связан с тяжелыми последствиями, рекомендуется приведенные значения увеличивать до ***1,25*** и ***1,35*** соответственно.

- **коэффициент запаса прочности (безопасности) по изгибу SF**;

  Значение определяется автоматически, если материала был выбран из *Модуля материалов*.

  Коэффициент учитывает нестабильность свойств материала зубчатых колес и ответственность зубчатой передачи. Выбирается в зависимости от марки материала, способа термической и химико-термической обработки и заданной вероятности неразрушения по таблице ГОСТ 21354-87.

  Так для сталей 18ХГТ, 12Х2Н4А, 20Х2Н4А, 12ХН3А, 20ХН3А, 30ХН3А (цементация) – ***SF=1,55***, а для сталей 38ХС, 45Х, 45 (нормализация, улучшение) – ***SF=1,75***.

- **показатель кривой выносливости qH**;

  Значение определяется автоматически, если материала был выбран из *Модуля материалов*.

  Начальные значения принимаются:

  по контакту - ***qH =6***,
  по изгибу - ***qF =6*** – для колес с твердостью поверхности зубьев HB < 350, а также для колес, закаленных при нагреве ТВЧ с обрывом закаленного слоя у переходной поверхности, и зубчатых колес со шлифованной переходной поверхностью независимо от твердости и термообработки;
  qF =9 – для колес с нешлифованной переходной поверхностью при твердости поверхности зубьев HB > 350 и чугунных колес.

- **коэффициент, учитывающий шероховатость сопряженных поверхностей зубьев**;

  Определяется по тому из сопряженных колес, зубья которого имеют более грубые поверхности, т.е. в зависимости от класса шероховатости поверхности. Для ввода значений

нажмите кнопку  ***Выбор коэффициента*** и дважды щелкните мышью по нужной строке в открывшейся таблице.

По умолчанию задается 1,0.

- **базовое число циклов при изгибе**;

  По умолчанию задается **NFO= 4** млн.циклов.

- **коэффициент, учитывающий способ получения заготовки зубчатого колеса**;

  Для ввода значений нажмите кнопку  ***Выбор коэффициента*** и дважды щелкните мышью по нужной строке в открывшейся таблице.

- **коэффициент, учитывающий влияние шлифования переходной поверхности зуба**;

  Чтобы учитывать этот коэффициент для шестерни и (или) колеса, включите опции, расположенные справа от полей ввода.

  Значения коэффициента задаются в зависимости от способа термической или химико-термической обработки по таблицам, приведенным в ГОСТ 21354-87 «Передачи зубчатые цилиндрические эвольвентные внешнего зацепления. Расчет на прочность». Для зубчатых колес с нешлифованной переходной поверхностью зубьев коэффициент принимают равным 1.

- **коэффициент, учитывающий влияние деформационного упрочнения или электрохимической обработки переходной поверхности зуба**;

  Значения коэффициента задаются в зависимости от способа термической или химико-термической обработки по таблицам, приведенным в ГОСТ 21354-87 «Передачи зубчатые цилиндрические эвольвентные внешнего зацепления. Расчет на прочность». Для зубчатых колес без деформационного упрочнения или электрохимической обработки переходной поверхности коэффициент принимают равными 1.

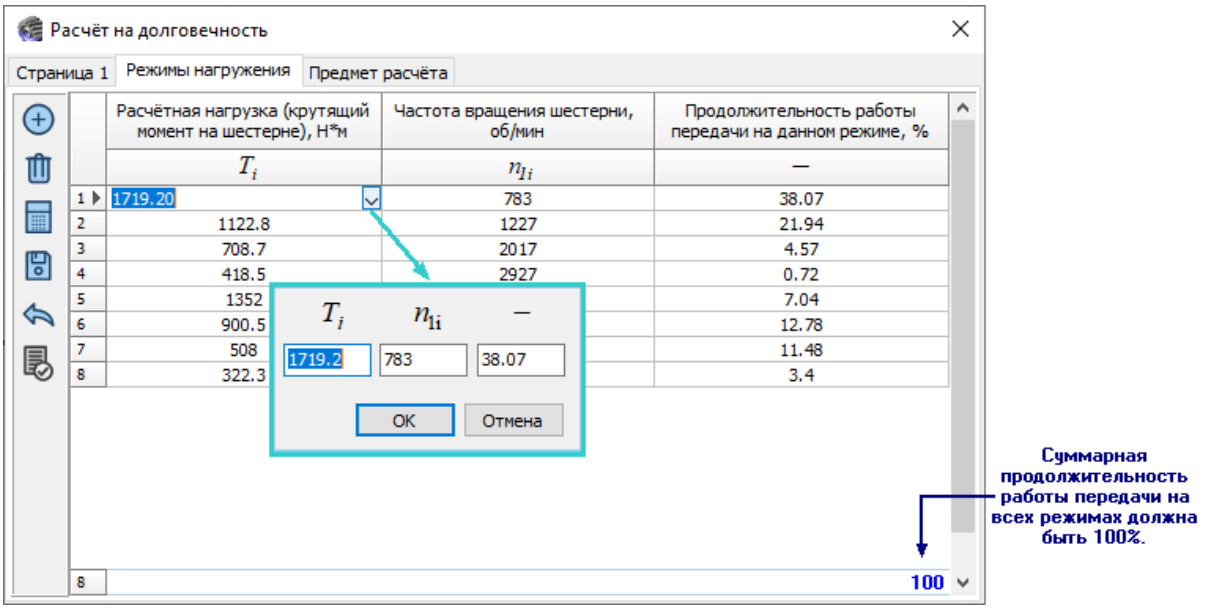
- **коэффициент, учитывающий влияние амплитуд напряжений противоположного знака**;

  Если элементы передачи испытывают знакопеременную нагрузку, то при расчете необходимо ввести коэффициент, значение которого определяется автоматически, в зависимости от свойств материала. Для ввода значений коэффициента нажмите кнопку  ***Выбор коэффициента*** и дважды щелкните мышью по нужной строке в открывшейся таблице.

- **коэффициент, учитывающий шероховатость переходной поверхности зуба**.

  Для ввода значений коэффициента нажмите кнопку  ***Выбор коэффициента*** и дважды щелкните мышью по нужной строке в открывшейся таблице.

Введите данные на странице ***Режимы нагружения***.



Для управления списком режимов нагружения используйте кнопки панели инструментов.
Чтобы ввести или отредактировать значения параметров режима нагружения, выделите нужную строку и щелкните левой клавишей мыши в ячейке с любым параметром. В правой части ячейки появится кнопка с треугольником. Нажмите ее и введите значения параметров режима нагружения в открывшемся окне.

Для управления расчетом и данными используйте кнопки инструментальной панели.

После выполнения расчета его результаты будут представлены в виде отчета и показаны в окне ***Результаты расчета***.

В ряде случаев в отчете с результатами расчета могут отображаться значения ресурса по контакту и изгибу равные «999999». Это означает, что ресурс передачи практически бесконечен. Как правило, такой результат является следствием несущественных значений эквивалентных напряжений. Подробная информация о коэффициентах ограничения усталостных повреждений содержится в ГОСТ 21354-87 на странице 66 (Приложение 3 «Методы учета нагрузок, изменяющихся во времени», пункт 3 «Метод эквивалентных напряжений»).

Выбор оптимальных вариантов зубчатой передачи

После нажатия кнопки  ***Расчет***, на экране появится окно ***Выбор оптимальных вариантов зубчатой передачи методом дискретного поиска***.

1. При необходимости наложите геометрические ограничения на проектируемую передачу. Для этого нажмите кнопку ***Ввод геометрических ограничений поиска*** 62 и введите значения параметров в открывшемся окне.
2. Для запуска расчета оптимальных параметров передачи нажмите кнопку ***Старт поиска***.

При выполнении расчета коэффициенты смещения колеса и шестерни подбираются оптимальными по совокупности критериев прочности и износостойкости, а также с соблюдением всех геометрических ограничений (параметров качества зацепления).

3. По окончании расчета в окне появится таблица с параметрами передачи, удовлетворяющих заданным условиям. Максимальное количество предлагаемых вариантов – 15.

   В таблице для каждого варианта показаны:

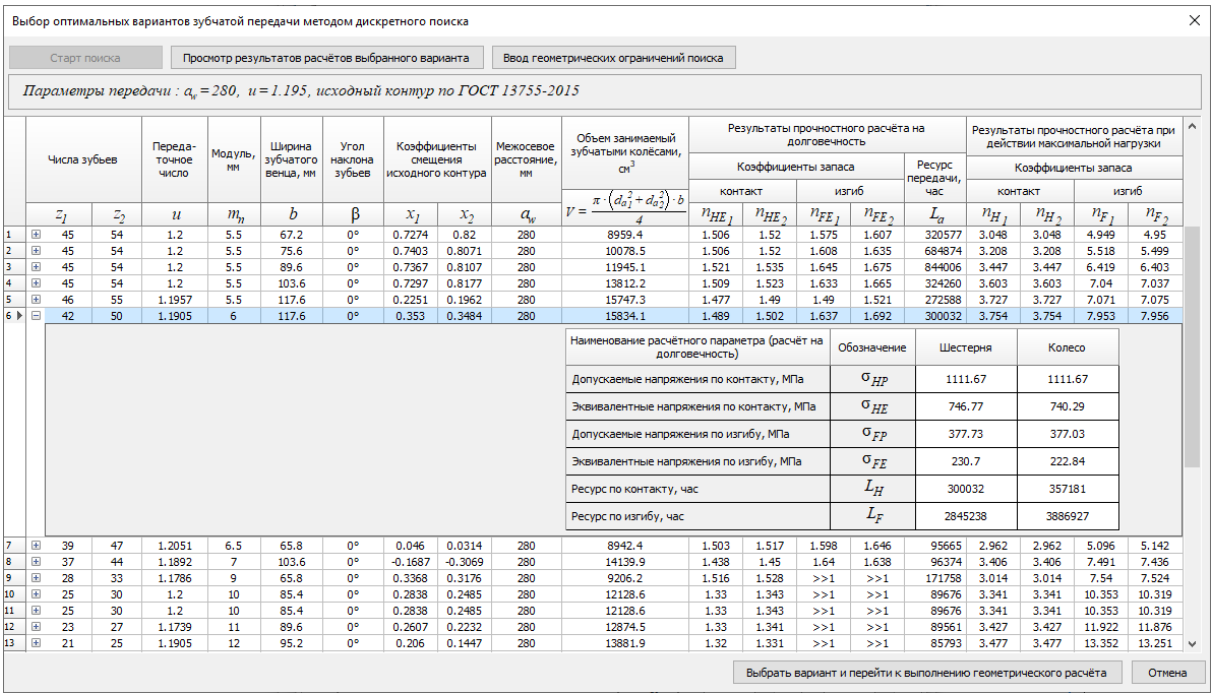
   - результаты прочностного расчета на выносливость;
   - результаты прочностного расчета при действии максимальной нагрузки;
   - результаты расчета на выносливость (чтобы увидеть эти результаты, нажмите на значок «+», расположенный в левой части строки с параметрами передачи).

   В верхней части окна станет активной кнопка ***Просмотр результатов расчета выбранного варианта***, которая содержит вложенное меню с командами, применимыми к указанному варианту:

   - ***Геометрический расчет*** – предназначена для отображения отчета с результатами геометрического расчета;
   - ***Расчет на выносливость*** – предназначена для отображения отчета с результатами расчета на выносливость;
   - ***Расчет на прочность при действии максимальной нагрузки*** – предназначена для отображения отчета расчета на прочность.

   В нижней части окна станет активной кнопка ***Выбрать вариант и перейти к выполнению геометрического расчета***, предназначенная для перехода к геометрическому расчету передачи с выбранными в таблице параметрами.

   Команды, вызываемые при помощи кнопок ***Просмотр результатов расчета выбранного варианта*** и ***Выбрать вариант и перейти к выполнению геометрического расчета*** продублированы командами контекстного меню таблицы с параметрами передачи.



	Числа зубьев		Переда-точное число	Модуль, мм	Ширина зубчатого венца, мм	Угол наклона зубьев	Коэффициенты смещения исходного контура		Межосевое расстояние, мм	Объем занимаемый зубчатыми колёсами, см³	Результаты прочностного расчёта на долговечность					Результаты прочностного расчёта при действии максимальной нагрузки			
											Коэффициенты запаса				Ресурс передачи, час	Коэффициенты запаса			
											контакт		изгиб			контакт		изгиб	
	z_1	z_2	u	m_n	b	β	x_1	x_2	a_w	$V = \frac{\pi \cdot (d_{a1}^2 + d_{a2}^2) \cdot b}{4}$	n_{HE_1}	n_{HE_2}	n_{FE_1}	n_{FE_2}	L_a	n_{H_1}	n_{H_2}	n_{F_1}	n_{F_2}
1	45	54	1.2	5.5	67.2	0°	0.7274	0.82	280	8959.4	1.506	1.52	1.575	1.607	320577	3.048	3.048	4.949	4.95
2	45	54	1.2	5.5	75.6	0°	0.7403	0.8071	280	10078.5	1.506	1.52	1.608	1.635	684874	3.208	3.208	5.518	5.499
3	45	54	1.2	5.5	89.6	0°	0.7367	0.8107	280	11945.1	1.521	1.535	1.645	1.675	844006	3.447	3.447	6.419	6.403
4	45	54	1.2	5.5	103.6	0°	0.7297	0.8177	280	13812.2	1.509	1.523	1.633	1.665	324260	3.603	3.603	7.04	7.037
5	46	55	1.1957	5.5	117.6	0°	0.2251	0.1962	280	15747.3	1.477	1.49	1.49	1.521	272588	3.727	3.727	7.071	7.075
6	42	50	1.1905	6	117.6	0°	0.353	0.3484	280	15834.1	1.489	1.502	1.637	1.692	300032	3.754	3.754	7.953	7.956

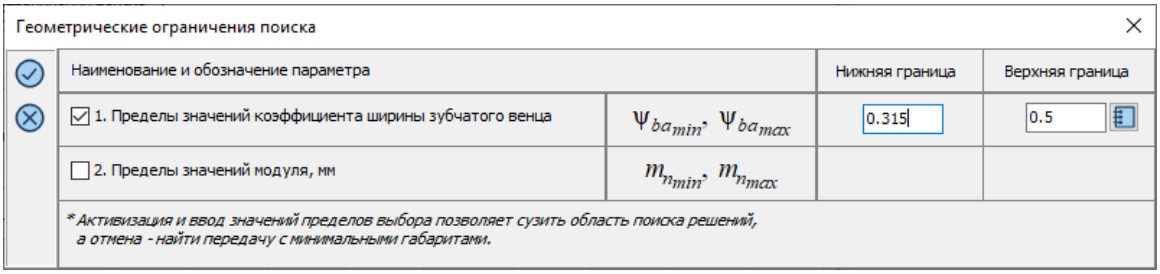
Наименование расчётного параметра (расчёт на долговечность)	Обозначение	Шестерня	Колесо
Допускаемые напряжения по контакту, МПа	σ_{HP}	1111.67	1111.67
Эквивалентные напряжения по контакту, МПа	σ_{HE}	746.77	740.29
Допускаемые напряжения по изгибу, МПа	σ_{FP}	377.73	377.03
Эквивалентные напряжения по изгибу, МПа	σ_{FE}	230.7	222.84
Ресурс по контакту, час	L_H	300032	357181
Ресурс по изгибу, час	L_F	2845238	3886927

7	39	47	1.2051	6.5	65.8	0°	0.046	0.0314	280	8942.4	1.503	1.517	1.598	1.646	95665	2.962	2.962	5.096	5.142
8	37	44	1.1892	7	103.6	0°	-0.1687	-0.3069	280	14139.9	1.438	1.45	1.64	1.638	96374	3.406	3.406	7.491	7.436
9	28	33	1.1786	9	65.8	0°	0.3368	0.3176	280	9206.2	1.516	1.528	>>1	>>1	171758	3.014	3.014	7.54	7.524
10	25	30	1.2	10	85.4	0°	0.2838	0.2485	280	12128.6	1.33	1.343	>>1	>>1	89676	3.341	3.341	10.353	10.319
11	25	30	1.2	10	85.4	0°	0.2838	0.2485	280	12128.6	1.33	1.343	>>1	>>1	89676	3.341	3.341	10.353	10.319
12	23	27	1.1739	11	89.6	0°	0.2607	0.2232	280	12874.5	1.33	1.341	>>1	>>1	89561	3.427	3.427	11.922	11.876
13	21	25	1.1905	12	95.2	0°	0.206	0.1447	280	13881.9	1.32	1.331	>>1	>>1	85793	3.477	3.477	13.352	13.251

Ввод геометрических ограничений

Диалог ***Геометрические ограничения поиска*** открывается после нажатия кнопки ***Ввод геометрических ограничений поиска*** и предназначен для наложения ограничений:

- на пределы значений коэффициента зубчатого венца;
- на пределы значений модуля.



Введите значения верхней и нижней границ пределов.

Чтобы подтвердить ввод значений и закрыть диалог, нажмите кнопку  .

Чтобы отказаться от ввода значений и закрыть диалог – кнопку  .

Восстановительный расчет

Цель выполнения восстановительного расчета заключается в восстановлении параметров зубчатых колес по имеющемуся корпусу передачи и образцам колес. Как правило, восстановительный расчет проводят при ремонте машин и механизмов, чтобы изготовить зубчатые колеса взамен колес, утративших работоспособность.

Восстановление параметров передачи проводят по результатам измерений размеров и параметров, доступных контролю.

Восстановительный расчет осуществляется в несколько этапов:

- ввод общих исходных данных 63;
- замеры диаметров шестерни 64;
- замеры диаметров колеса 65;
- замеры межосевого расстояния 66;
- определение угла наклона зубьев на делительном цилиндре 66 (для косозубых передач);
- определение основного нормального шага (шага зацепления) 68;
- выбор модуля (питча) и угла профиля исходного контура 71.

Переход к следующему этапу невозможен до тех пор, пока не будут введены все необходимые данные на текущем этапе.

В случае необходимости при помощи кнопки ***Назад*** можно вернуться к предыдущим этапам. При этом все введенные и рассчитанные параметры передачи будут сохранены.



Внимание! Расчет может быть произведен, если на компьютере установлен Дополнительный комплект 9 системы *Валы и механические передачи 2D*.

Ввод общих исходных данных

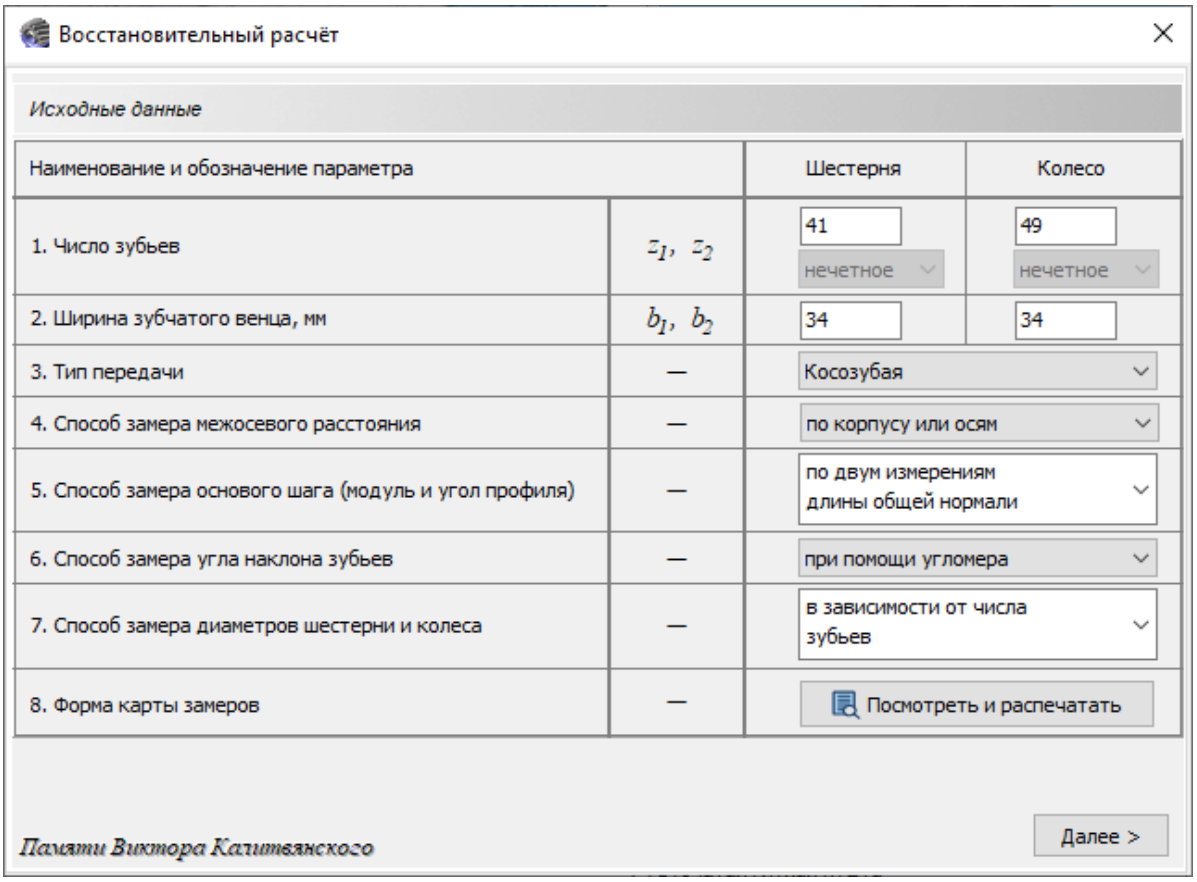
На первом этапе ввода данных выполните следующие действия.

1. Введите числа зубьев шестерни и колеса.

   Если числа зубьев одного или обоих колес неизвестны, выберите для колес с неизвестным числом зубьев один из вариантов – ***четное*** или ***нечетное***; конкретные числа можно будет ввести после того, как будут выполнены все необходимые замеры и заполнена карта замеров.

2. Введите ширины зубчатых венцов.
3. Выберите тип передачи – ***Прямозубая*** или ***Косозубая***.
4. Выберите способ замера межосевого расстояния – ***По корпусу или осям*** (предпочтительный вариант) или ***По паре колес***.
5. Выберите способ замера основного шага:
   - ***по двум измерениям длины общей нормали***;
   - ***по двум измерениям размера по роликам***;
   - ***по двум измерениям хорды***.

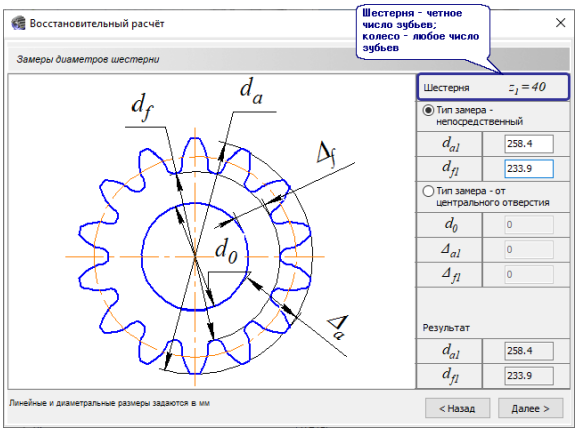
   Выбор способа зависит от наличия зубоизмерительных приборов, инструментов и приспособлений.
6. Для косозубой передачи выберите способ замера угла наклона зубьев:
   - ***при помощи угломера***;
   - ***по отпечатку***.
7. Выберите способ замера диаметров шестерни и колеса:
   - ***в зависимости от числа зубьев***;
   - ***всегда только непосредственным измерением***.
8. Распечатайте карту замеров. Для этого нажмите кнопку ***Посмотреть и распечатать***, расположенную справа от параметра ***Форма карты замеров***. Откроется окно с картой. Ее форма будет зависеть от чисел зубьев, типа передачи и выбранных способов замера. Заполнение карты осуществляется по ходу выполнения замеров «на месте».
9. Для перехода к следующему этапу ввода данных нажмите кнопку ***Далее***.

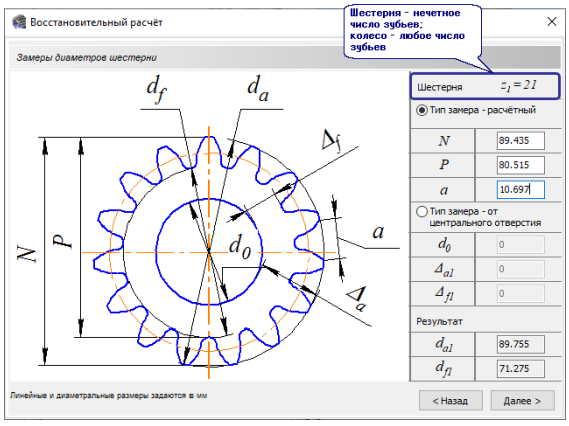


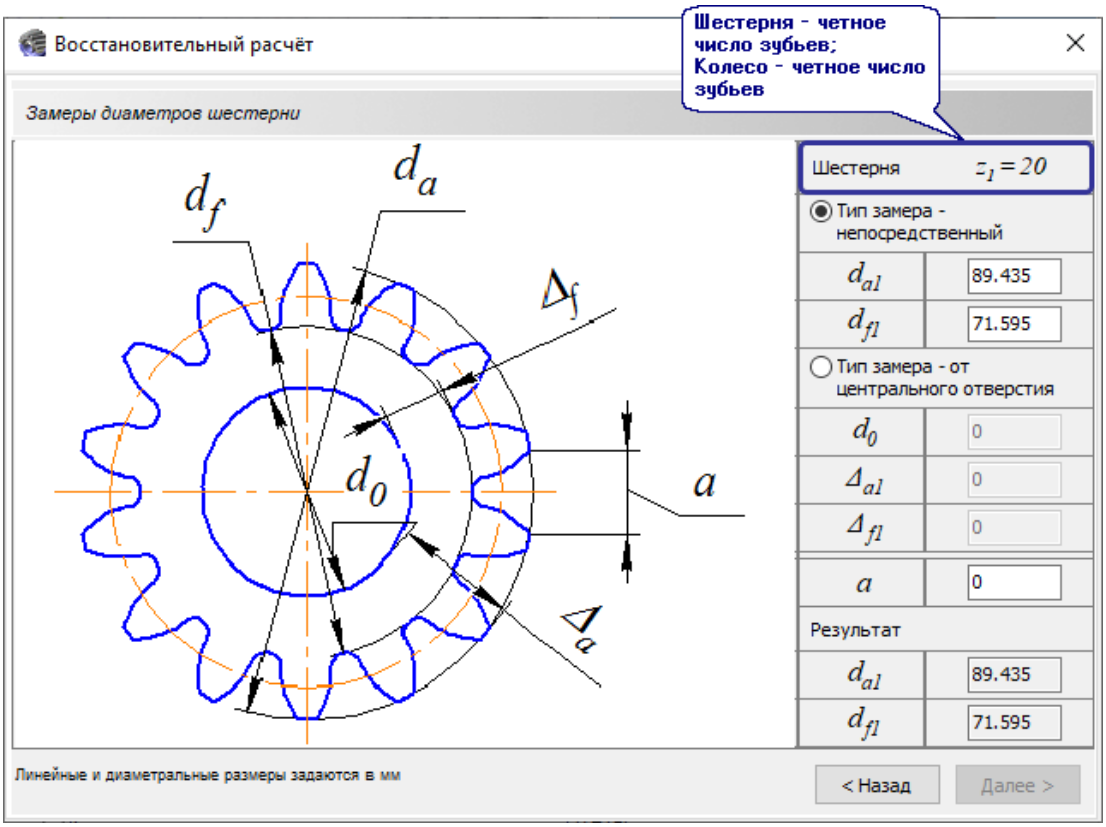
Замеры диаметров шестерни

На этом этапе подготовки к восстановительному расчету предстоит замерить диаметры шестерни.

1. Выберите тип замера – ***непосредственный*** или ***от центрального отверстия***.
2. Выполните замеры и заполните поля ввода, руководствуясь эскизом. Набор замеряемых параметров будет зависеть от способа замера диаметров шестерни и колеса, выбранного на предыдущем этапе расчета, а также чисел зубьев шестерни и колеса – ***четное*** или ***нечетное***.
3. Для перехода к следующему этапу нажмите кнопку ***Далее***.



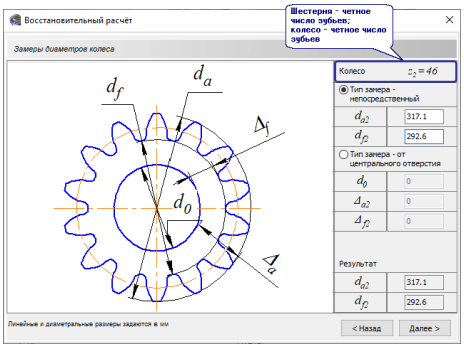


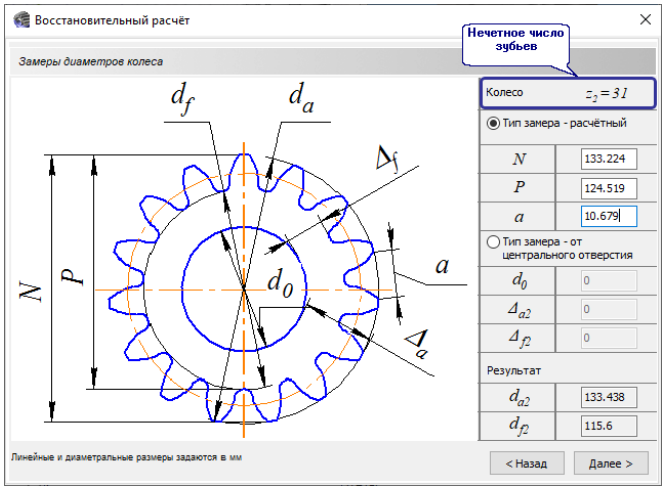


Замеры диаметров колеса

На этом этапе подготовки к восстановительному расчету предстоит замерить диаметры колеса.

1. Выберите тип замера – ***расчетный*** или ***от центрального отверстия***.
2. Выполните замеры и заполните поля ввода, руководствуясь эскизом. Набор замеряемых параметров будет зависеть от числа зубьев колеса – ***четное*** или ***нечетное***.
3. Для перехода к следующему этапу нажмите кнопку ***Далее***.

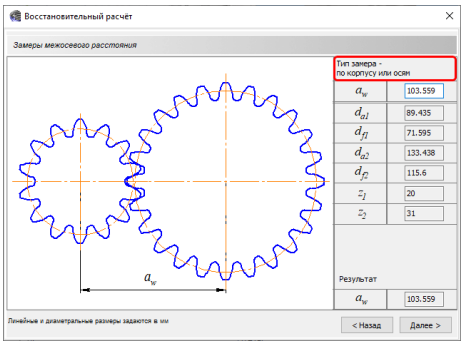


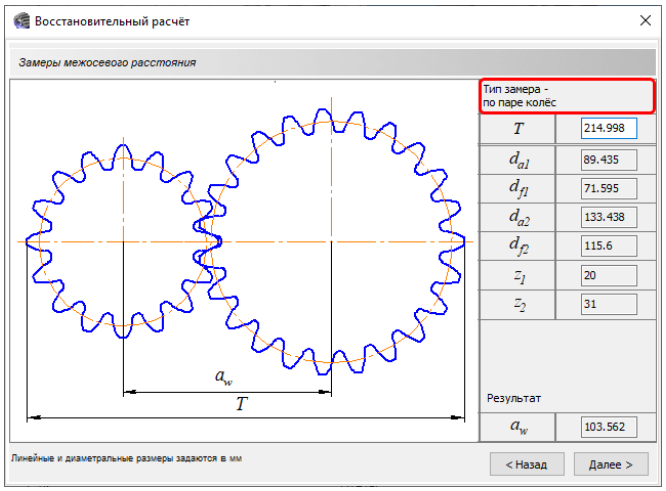


Замеры межосевого расстояния

На этом этапе подготовки к восстановительному расчету предстоит замерить межосевое расстояние.

1. В поле ***Тип замера*** указан вариант, выбранный на этапе ввода общих исходных данных 63 – ***По корпусу или осям*** или ***По паре колес***.
2. Выполните замеры и заполните поля ввода, руководствуясь эскизом. Значение межосевого расстояния появится в поле ***Результат***.
3. Для перехода к следующему этапу нажмите кнопку ***Далее***.





Определение угла наклона зубьевна делительном цилиндре

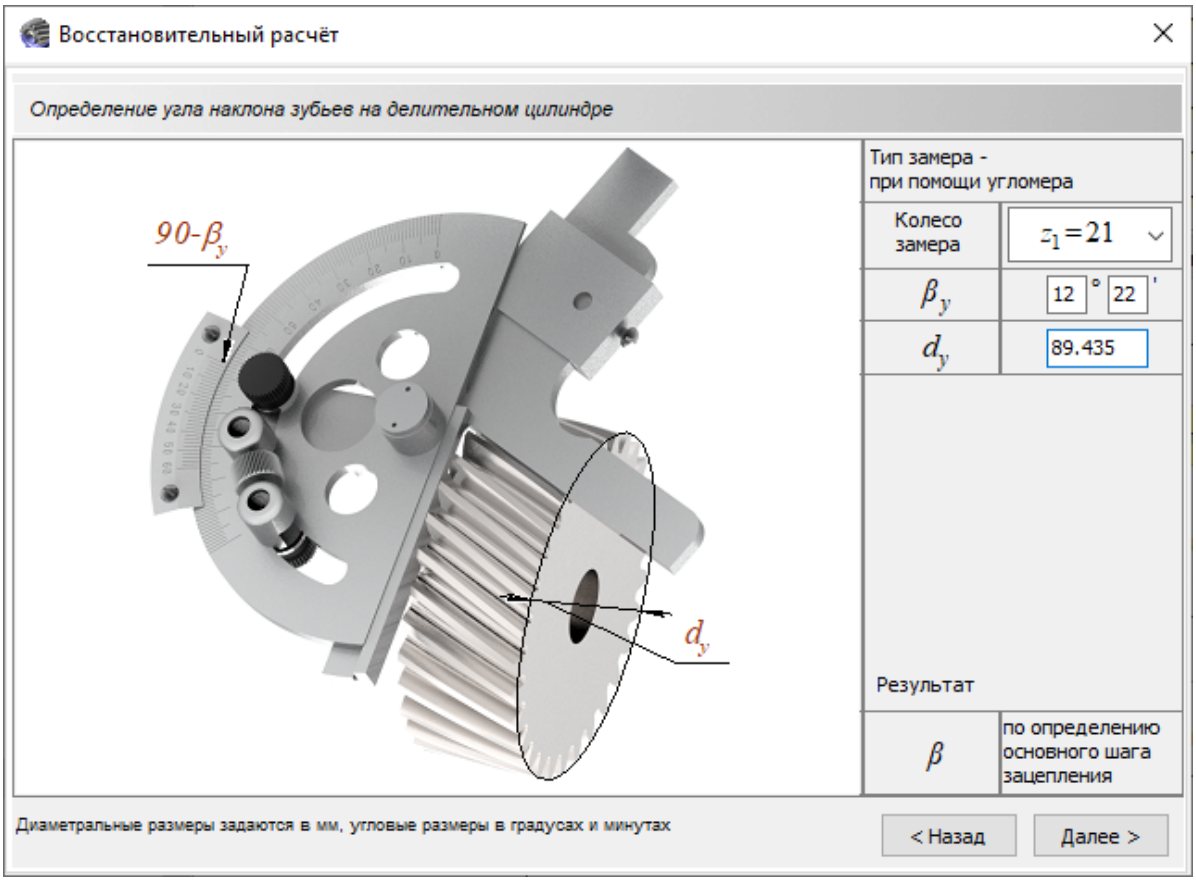
На этом этапе подготовки к восстановительному расчету **косозубых** передач предстоит определить угол наклона зубьев на делительном цилиндре.
Набор действий будет зависеть от способа замера, выбранного на этапе ввода общих исходных данных 63:

- ***при помощи угломера*** 66;
- ***по отпечатку*** 67.

– при помощи угломера

Если выбран способ замера ***При помощи угломера***, выполните следующие действия.

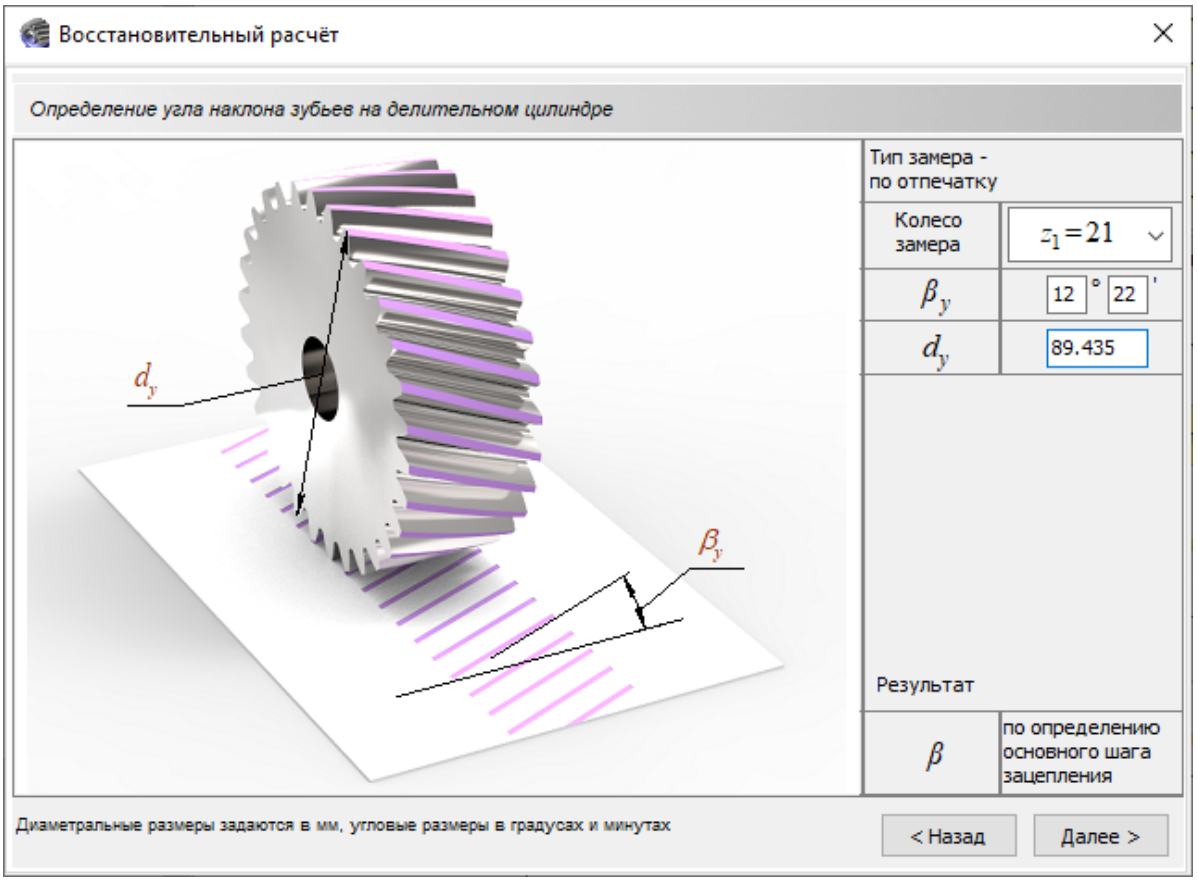
1. В поле ***Колесо замера*** выберите замеряемое колесо.
2. Выполните замеры и заполните поля ввода, руководствуясь эскизом.
3. Для перехода к следующему этапу нажмите кнопку ***Далее***.



– по отпечатку

Если выбран способ замера ***По отпечатку***, выполните следующие действия.

1. В поле ***Колесо замера*** выберите замеряемое колесо.
2. Выполните замеры и заполните поля ввода, руководствуясь эскизом.
3. Для перехода к следующему этапу нажмите кнопку ***Далее***.



Определение основного нормального шага (шага зацепления)

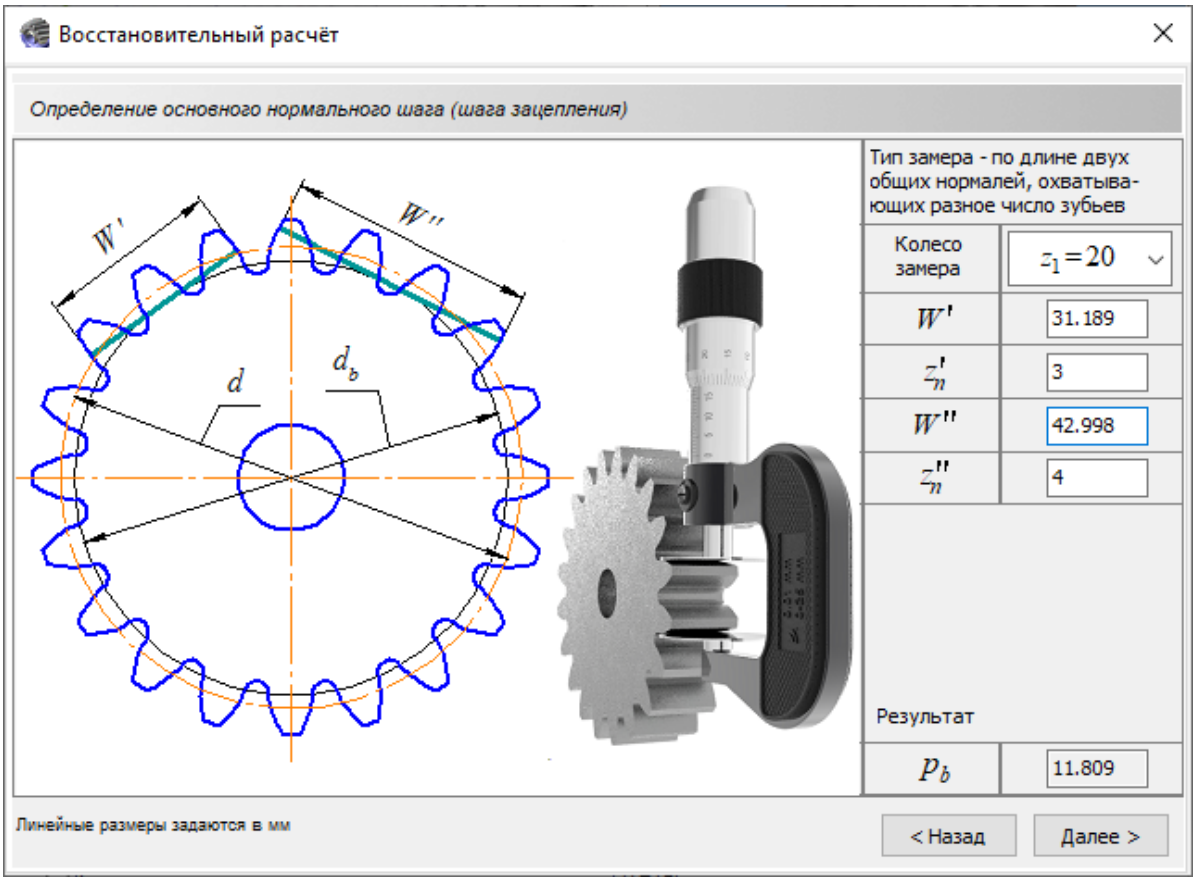
На этом этапе подготовки к восстановительному расчету предстоит определить основной нормальный шаг (шаг зацепления).
Набор действий будет зависеть от способа замера, выбранного на этапе ввода общих исходных данных 63:

- ***по двум измерениям длины общей нормали*** 68;
- ***по двум измерениям размера по роликам*** 69;
- ***по двум измерениям хорды*** 70.

– по двум измерениям длины общей нормали

Если выбран способ замера ***По двум измерениям длины общей нормали***, выполните следующие действия.

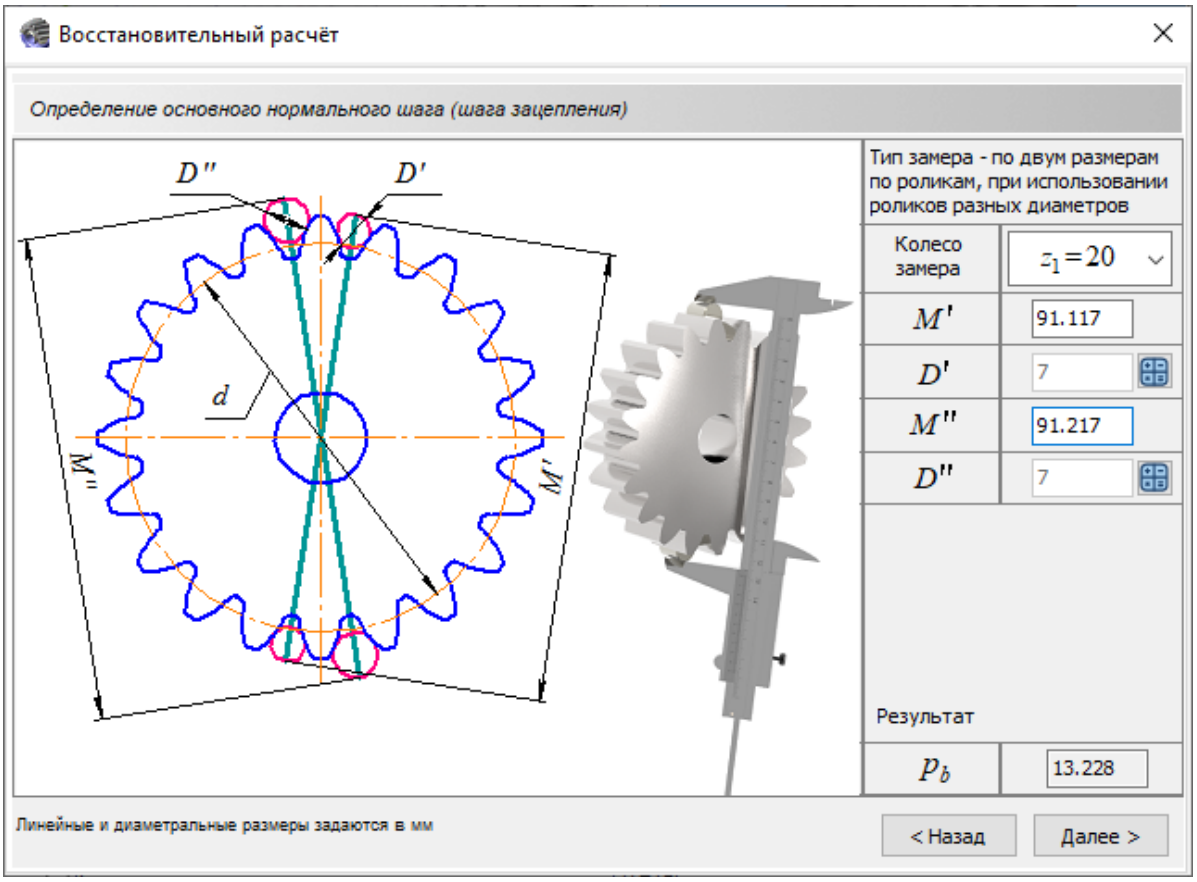
1. В поле ***Колесо замера*** выберите замеряемое колесо.
2. Выполните замеры и заполните поля ввода, руководствуясь эскизом.
   Рассчитанное значение основного нормального шага ***Pb*** появится в поле ***Результат***.
3. Для продолжения работы нажмите кнопку ***Далее***.



– по двум измерениям размера по роликам

Если выбран способ замера ***По двум измерениям размера по роликам***, выполните следующие действия.

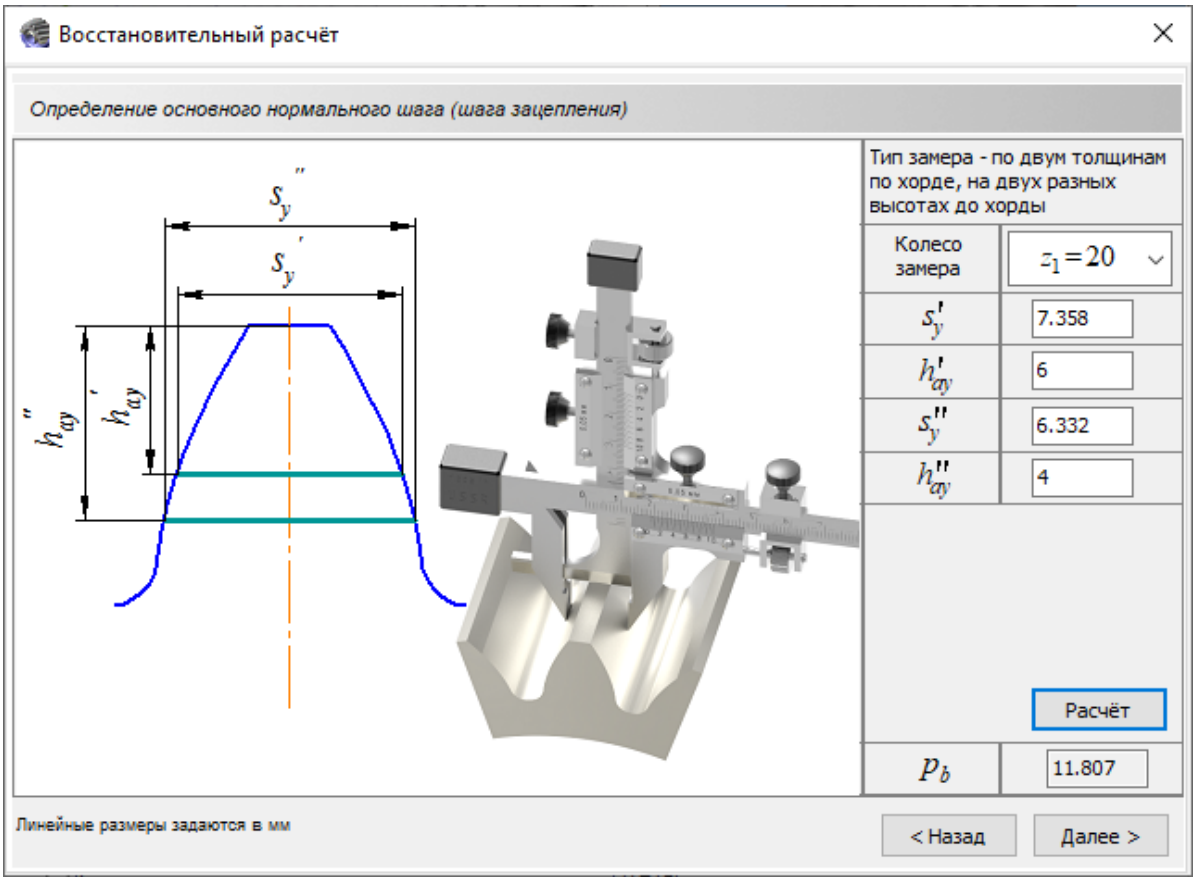
1. В поле ***Колесо замера*** выберите замеряемое колесо.
2. В полях ***D'*** и ***D"*** укажите диаметры измерительных роликов. Для этого нажмите кнопку ***Подбор диаметра***, расположенную справа от соответствующего поля, и выберите нужный диаметр в открывшемся окне.
3. Выполните замеры, руководствуясь эскизом, и заполните поля ***M'*** и ***M"***. Рассчитанное значение основного нормального шага ***Pb*** появится в поле ***Результат***.
4. Для продолжения работы нажмите кнопку ***Далее***.



– по двум измерениям хорды

Если выбран способ замера ***По двум измерениям хорды***, выполните следующие действия.

1. В поле ***Колесо замера*** выберите замеряемое колесо.
2. Выполните замеры и заполните поля ввода, руководствуясь эскизом.
3. Нажмите кнопку ***Расчет***. Значение основного нормального шага появится в поле ***Pb***.
4. Для продолжения работы нажмите кнопку ***Далее***.



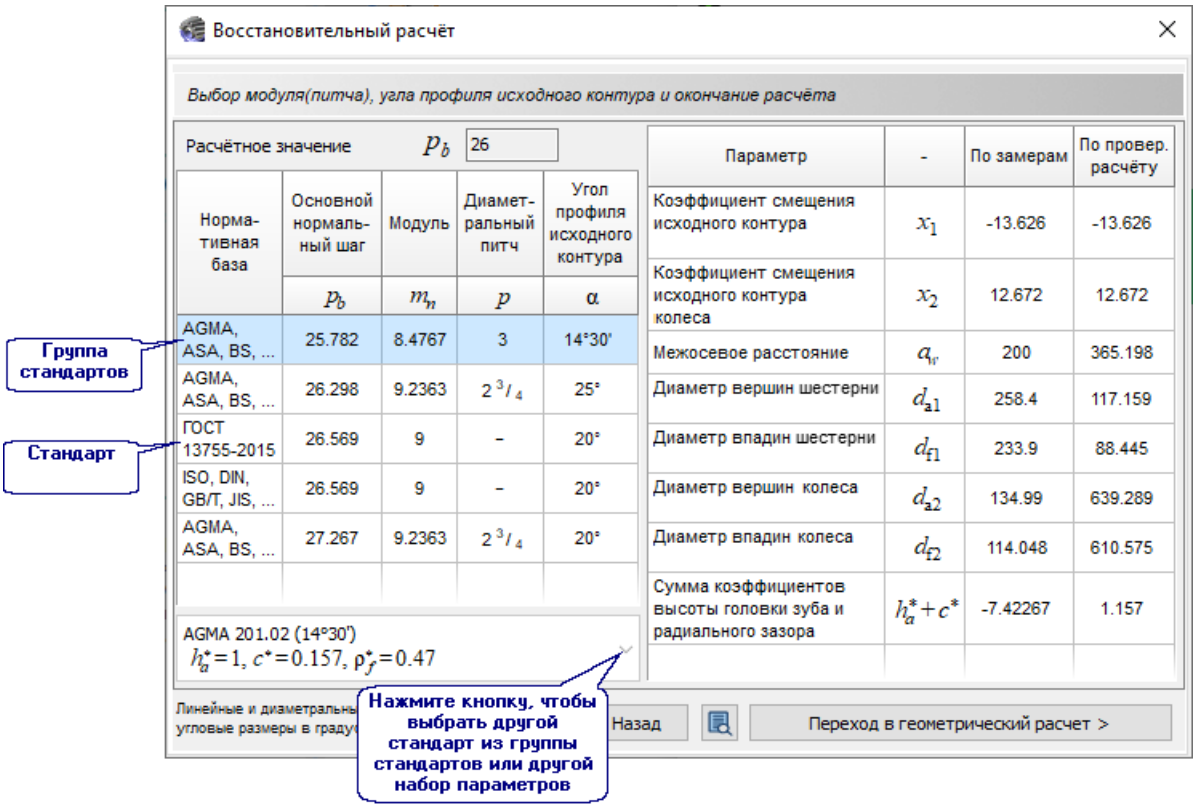
Выбор модуля (питча) и угла профиля ИК

Этот этап предназначен для выбора модуля (питча) и угла профиля исходного контура.

В левой верхней части окна показано расчетное значение основного нормального шага ***Pb***. Ниже расположена таблица со списком параметров зубчатых колес, основной нормальный шаг которых близок к рассчитанному значению. Для каждого варианта указан стандарт (или группа стандартов), из которого взяты эти параметры. Если в группе стандартов имеется несколько подходящих вариантов, станет активна кнопка выбора, расположенная под таблицей в правой части поля. Нажмите ее и выберите нужный стандарт с подходящим набором параметров.

В правой части окна для указанного набора параметров отображаются характеристики зубчатой передачи, полученные:

- по результатам замеров;
- по результатам проверочного расчета.



Выберите в левой таблице вариант с подходящим модулем (питчем) и углом исходного профиля.

Далее вы сможете:

- ознакомиться с результатами геометрического расчета зубчатой передачи с выбранными параметрами – для этого нажмите кнопку  ***Просмотр результатов геометрического расчета***;
- перейти к геометрическому расчету 14 зубчатой передачи – для этого нажмите кнопку ***Переход в геометрический расчет***. Откроется окно ввода данных. В полях ввода будут отображены значения параметров, полученные при восстановительном расчете. При необходимости значения можно будет скорректировать и заново выполнить расчет.

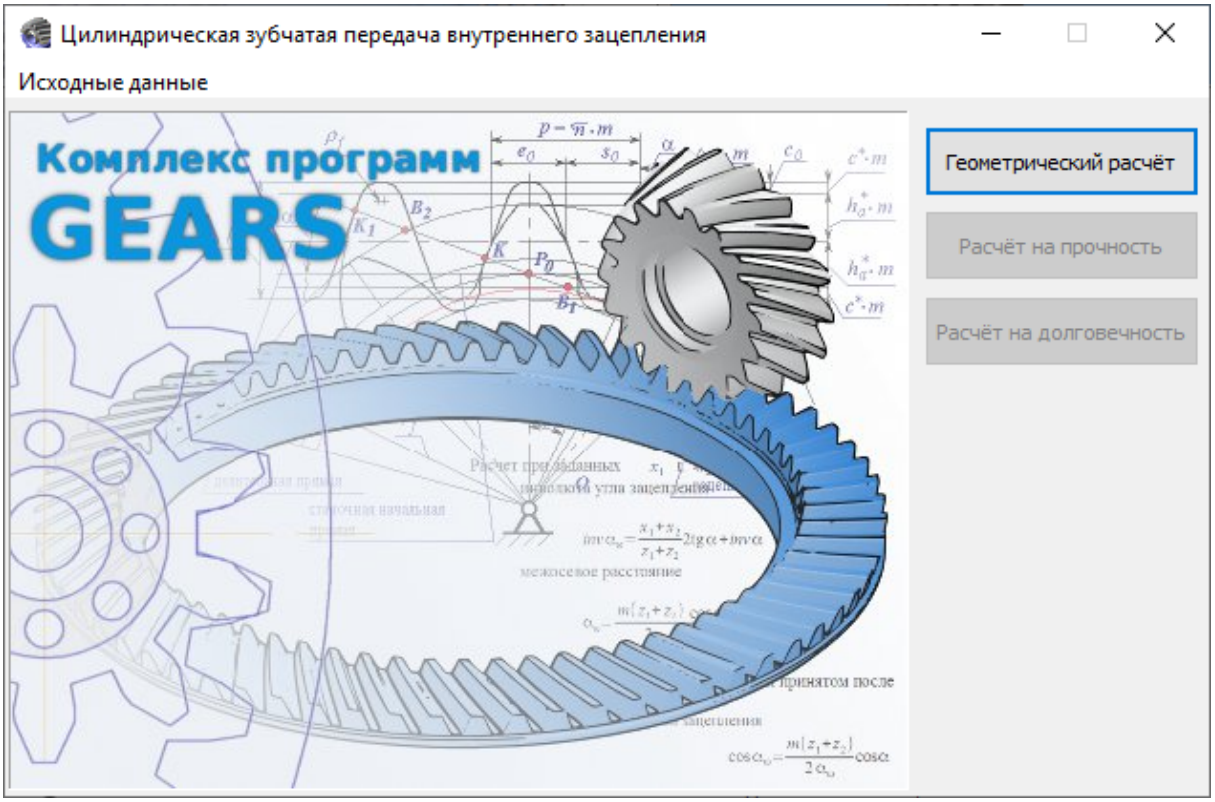
Цилиндрические зубчатые передачи внутреннего зацепления

Средствами модуля *КОМПАС-GEARS* могут быть рассчитаны зубчатые цилиндрические эвольвентные передачи внутреннего зацепления с постоянным передаточным отношением, зубчатые колеса которых соответствуют исходным контурам с равными делительными номинальными толщиной зуба и шириной впадины, без модификации головки зуба, при обработке колес исходной производящей рейкой или долбяком.

Предусмотрено три вида расчетов, выполняемых последовательно:

- геометрический расчет 73;
- расчет на прочность 81;

- расчет на долговечность 84.



Если предстоит рассчитать модель элемента механической передачи, уже созданную в системе *Валы и механические передачи 2D*, геометрические параметры этого элемента будут автоматически переданы в *Модуль расчетов механических передач*.

Линейные размеры задаются в миллиметрах, а угловые - в градусах, минутах, секундах.

Исходные данные для расчета могут быть сохранены в файле формата **.gear_inc_dat*. Это можно делать с помощью команд строки меню ***Исходные данные*** 365 или непосредственно при выполнении расчетов. В дальнейшем сохраненные данные можно будет загружать для расчета в модуль *КОМПАС-GEARS*.

Чтобы приступить к выполнению расчета, нажмите в окне ***Расчеты цилиндрической зубчатой передачи внутреннего зацепления*** кнопку, соответствующую виду расчета.

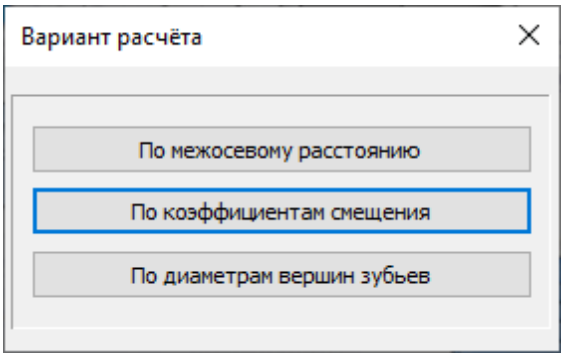
Геометрический расчет

Варианты расчета 73;

Описание расчета 74.

Варианты расчета

Выберите необходимый вариант ввода исходных данных:



Задано межосевое расстояние *aw*.

По заданному межосевому расстоянию ***aw*** определяется суммарный коэффициент смещения ***x***, значение которого разбивается на ***x1*** и ***x2***.

Заданы коэффициенты смещения *x1*, *x2*.

По заданным коэффициентам смещения ***x1*** и ***x2*** определяется межосевое расстояние ***aw***.

По рекомендациям ГОСТ 16532-70 принимаются начальные значения коэффициентов смещения:

- при $z > 30$ ***x = 0***;
- при $20 < z < 30$ ***x = 0,3***;
- при $z < 20$ ***x = 0,5***, но при этом считается минимально допустимое значение смещения ***xmin***, и в случае если ***xmin > x***, принимается ***xmin***.

Заданы диаметры вершин зубьев *da1*, *da2*.

По заданным диаметрам вершин зубьев и модулю определяются коэффициенты смещения ***x1*** и ***x2***.

Описание расчета

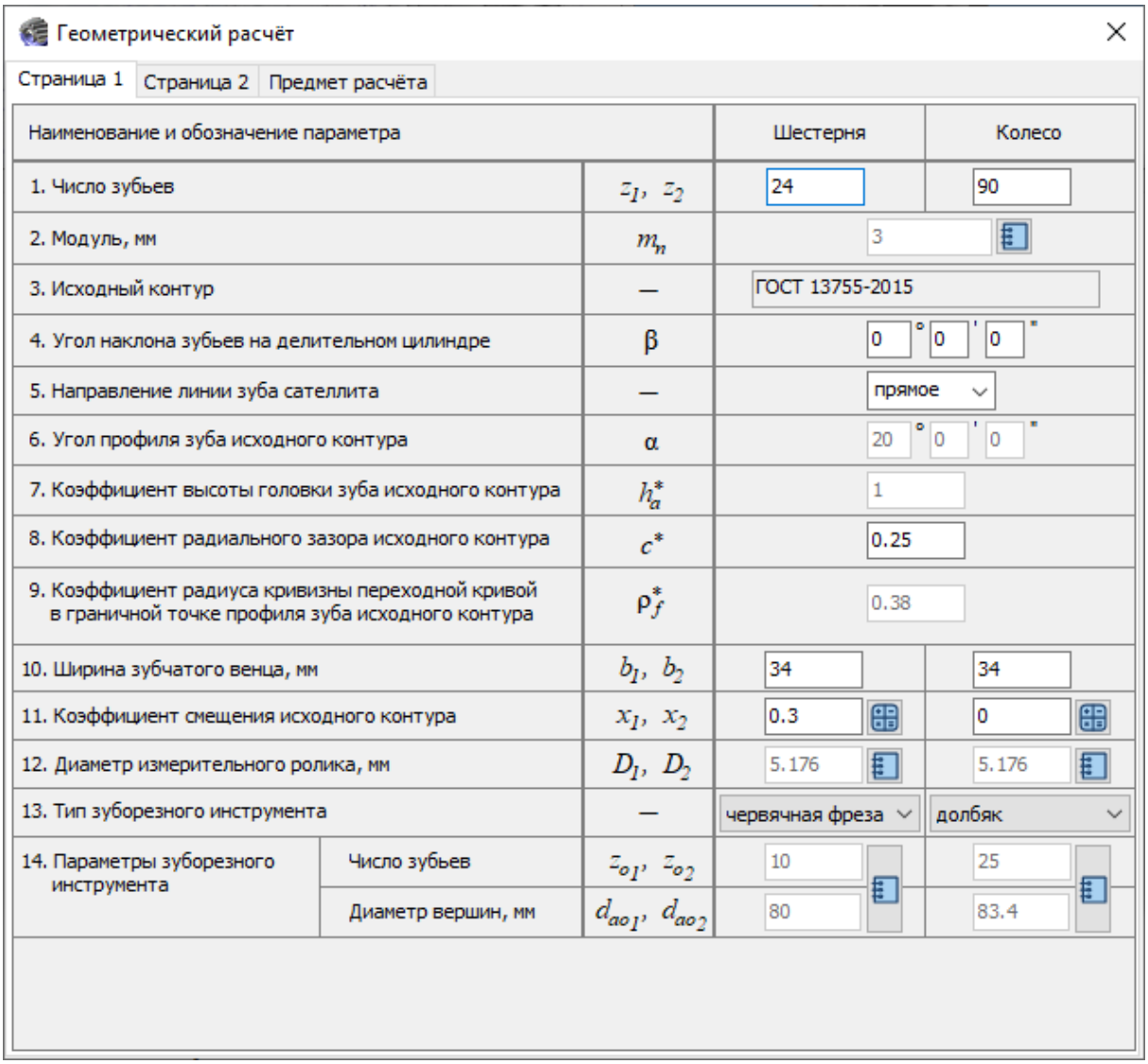
Целями выполнения геометрического расчета цилиндрической зубчатой передачи внутреннего зацепления являются:

- определение основных геометрических параметров зубчатых колес и размеров для контроля;
- проверка качества зацепления по геометрическим показателям.

Расчет выполняется по ГОСТ 19274-73 «Передачи зубчатые цилиндрические эвольвентные внутреннего зацепления. Расчет геометрии».

Поля ввода исходных данных располагаются на двух страницах. Переход на вторую страницу и выполнение расчета возможно только после ввода всех данных на первой странице.
Данные на странице ***Предмет расчета*** (описательная информация о расчете) постоянны для всех расчетов передачи (геометрия, прочность, долговечность).

Введите данные на ***Странице 1***.



Особенности ввода некоторых данных:

- **модуль**;

  Значения модуля стандартизованы. Чтобы выбрать модуль, нажмите кнопку ***Выбор модуля***, расположенную справа от поля ***Модуль***, и выполните необходимые действия в открывшемся окне ***Выбор модуля и исходного контура*** 22. Значение модуля появится в соответствующем поле ввода, информация об исходном контуре – в поле ***Исходный контур***.

- **параметры стандартного исходного контура**;

  Поля, соответствующие параметрам исходного контура,

  - ***Угол профиля зуба исходного контура***,
  - ***Коэффициента высоты головки зуба исходного контура***,
  - ***Коэффициента радиального зазора исходного контура***,

- ***Коэффициента радиуса кривизны переходной кривой в граничной точке профиля зуба исходного контура***

будут заполнены автоматически. Значения параметров будут зависеть от выбранного модуля и стандарта на исходный контур. Некоторые значения доступны для редактирования. Если навести курсор на поле ввода редактируемого значения, появится подсказка, в которой указан диапазон его возможных значений.

расчет угла наклона зубьев на делительном цилиндре для косозубых колес;

Если:

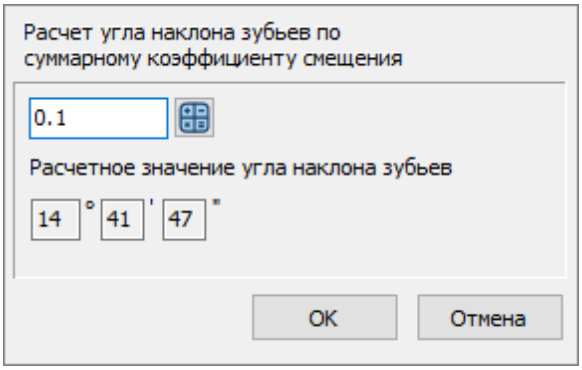
- расчет выполняется по межосевому расстоянию,
- тип зуборезного инструмента не долбяк,

то для косозубых колес может быть выполнен расчет угла наклона зубьев на делительном цилиндре.

Расчет выполняется по суммарному коэффициенту смещения.

Чтобы выполнить расчет, нажмите кнопку ***Расчет угла наклона зубьев по суммарному коэффициенту смещения***, расположенную справа от поля ***Угол наклона зубьев на делительном цилиндре***.

В открывшемся окне введите суммарный коэффициент смещения и нажмите кнопку . Для занесения рассчитанного значения в поле ***Угол наклона зубьев на делительном цилиндре*** нажмите кнопку ***ОК***.



диаметр измерительного ролика (шарика);

Для контроля толщины зуба у прямозубых колес используются ролики, а у косозубых - шарики (т.к. контакт ролика с противоположными сторонами впадины происходит не по параллельным линиям и ролик будет качаться).

По умолчанию в полях ввода отображается рекомендованное значение диаметра. Чтобы выбрать другой диаметр, нажмите кнопку ***Подбор диаметра***, расположенную справа от полей ***Диаметр измерительного ролика (шарика)***. Порядок работы при этом будет таким же, как и при выборе диаметра 378 измерительного ролика (шарика) для цилиндрической шестерни внешнего зацепления.

Чтобы вернуться к рекомендованному значению, нажмите клавишу ***<F10>***.

тип зуборезного инструмента;

Выбор типа зуборезного инструмента осуществляется из раскрывающегося списка возможных значений.

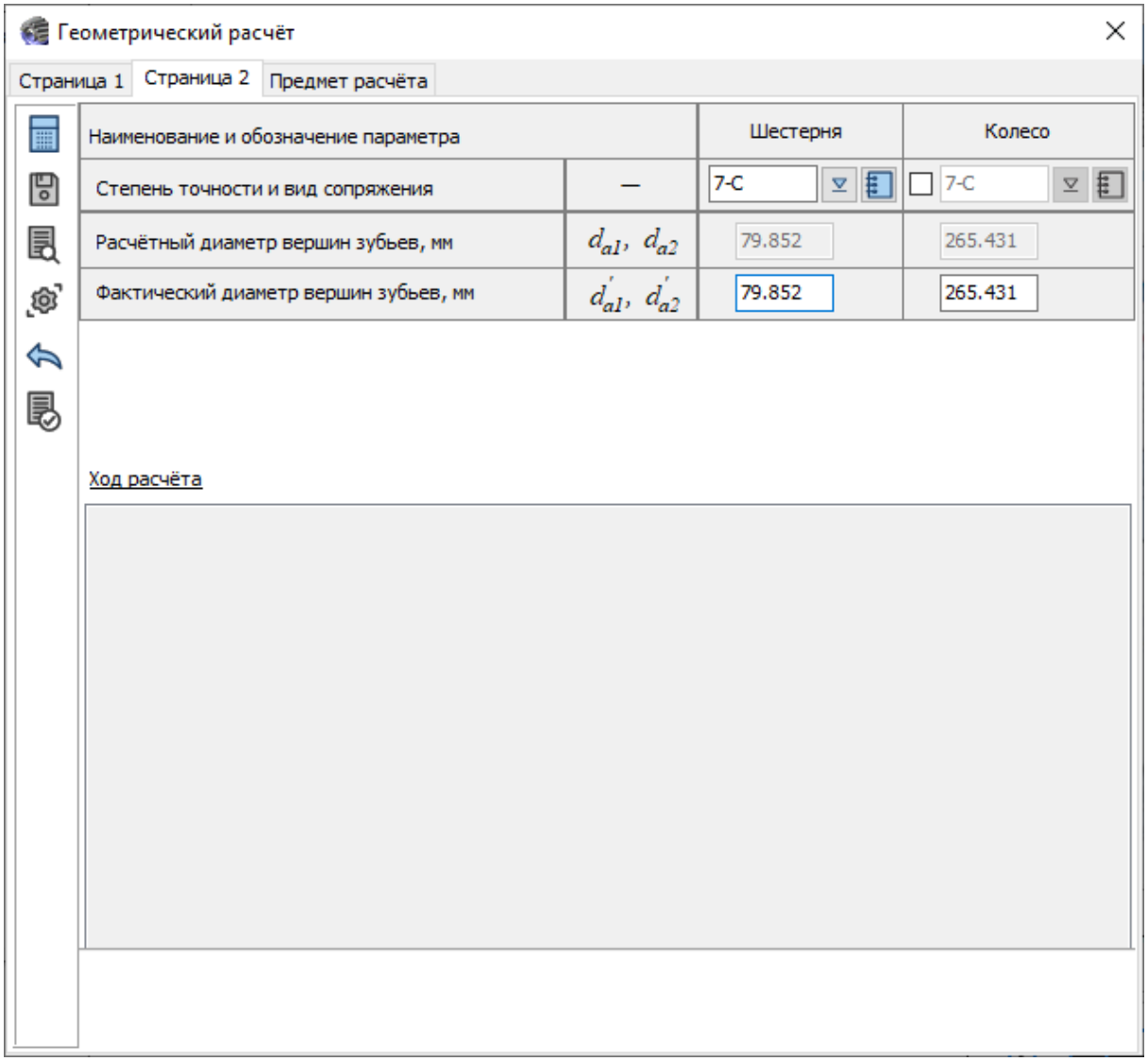
При проектировании косозубых передач имейте в виду, что фреза-улитка, выбранная в качестве зуборезного инструмента для эпицикла, обеспечит практически любой угол наклона зубьев. Долбяк обеспечит угол наклона зубьев примерно 15 и 23 градуса.
Подробная информация об изготовлении зубчатых колес внутреннего зацепления приведена в книге *Производство зубчатых колес: Справочник / С.Н. Калашников, А.С. Калашников, Г.И. Коган и др.; Под общ. ред Б. А. Тайца. - М.:Машиностроение, 1990* (Глава 7).

В случае выбора вариантов ***долбяк*** (для сателлита и эпицикла), ***червячная фреза*** (для сателлита), ***дисковая фреза*** (для сателлита) потребуется выбрать параметры зуборезного инструмента.

- **параметры зуборезного инструмента**.

  Выбор параметров зуборезного инструмента (долбяка 369, червячной фрезы 372, дисковой фрезы 375) осуществляется в специальных диалогах, которые открываются после нажатия кнопки ***Выбор (тип инструмента)***.

Введите данные на ***Странице 2***.



Особенности ввода некоторых данных:

- **степень точности**;
  - **Крупномодульные передачи**.

    При назначении степени точности крупномодульных цилиндрических зубчатых передач необходимо руководствоваться следующими положениями.

    1. Согласно ГОСТ 1643-81 «Основные нормы взаимозаменяемости. Передачи зубчатые цилиндрические. Допуски» для цилиндрических зубчатых передач внешнего и внутреннего зацепления с прямозубыми, косозубыми и шевронными зубчатыми колесами устанавливаются двенадцать степеней точности зубчатых колес и передач, обозначаемых в порядке убывания точности цифрами **1**, **2**, **3**, **4**, **5**, **6**, **7**, **8**, **9**, **10**, **11**, **12**.
    2. Для каждой степени точности устанавливаются нормы кинематической точности, плавности работы и контакта зубчатых колес в передаче.
    3. Допускается комбинирование различных степеней точности и норм кинематической точности, плавности работы и контакта зубчатых колес.

       При комбинировании необходимо соблюдать следующие условия:
       - нормы плавности работы могут быть точнее (не более чем на две степени точности) или грубее (не более чем на одну степень точности) норм кинематической точности;
       - нормы контакта зубчатых колес могут назначаться по любым более точным степеням, а также на одну степень грубее, чем нормы плавности работы зубчатых колес и передач.
    4. Устанавливаются шесть видов сопряжений зубчатых колес – **A**, **B**, **C**, **D**, **E**, **H** и восемь видов допуска на боковой зазор – **x**, **y**, **z**, **a**, **b**, **c**, **d**, **h**. Значения приведены в порядке убывания величины бокового зазора и допуска на него.

       Виды сопряжений зубчатых колес в передаче в зависимости от степени точности по нормам плавности работы приведены в таблице.

Вид сопряжений	A	B	C	D	E	H
Степень точности по нормам плавности работы	3 – 12	3 – 11	3 – 9	3 – 8	3 – 7	3 – 7

    5. Видам сопряжений **A**, **B**, **C**, **D** соответствуют виды допуска на боковой зазор **a**, **b**, **c**, **d** соответственно, а видам сопряжений **H** и **E** – вид допуска на боковой зазор **h**.

       Соответствие между видом сопряжений зубчатых колес в передаче и видом допуска на боковой зазор можно изменять; также могут быть использованы виды допусков **x**, **y**, **z**.
    6. Точность изготовления зубчатых колес и передач задается степенью точности, а требования к боковому зазору – видом сопряжения по нормам бокового зазора.

    Примеры условного обозначения точности цилиндрической передачи:

    7 – C

    Такая запись означает, что зубчатая передача имеет степень точности **7** по всем трем нормам (кинематическая точность, норма плавности работы и норма контакта), вид сопряжения - **C** и вид допуска на боковой зазор - **c**.

    8 – 7 – 6 – Ba

Такая запись означает, что зубчатая передача по норме кинематической точности имеет степень точности **8**, по норме плавности работы – **7**, по норме контакта – **6**. Вид сопряжения зубчатых колес — **B**, вид допуска на боковой зазор – **a**.

Мелкомодульные передачи.

При назначении степени точности мелкомодульных цилиндрических зубчатых передач необходимо руководствоваться следующими положениями.

1. Согласно ГОСТ 9178-81 «Основные нормы взаимозаменяемости. Передачи зубчатые цилиндрические мелкомодульные» для цилиндрических зубчатых передач внешнего и внутреннего зацепления с прямозубыми и косозубыми зубчатыми колесами с модулем от 0,1 до 1,0 (исключительно) устанавливаются двенадцать степеней точности зубчатых колес и передач, обозначаемых в порядке убывания точности цифрами **1**, **2**, **3**, **4**, **5**, **6**, **7**, **8**, **9**, **10**, **11**, **12**.
2. Для каждой степени точности устанавливаются нормы кинематической точности, плавности работы и контакта зубчатых колес в передаче.
3. Допускается комбинирование различных степеней точности и норм кинематической точности, плавности работы и контакта зубчатых колес.

   При комбинировании необходимо соблюдать следующие условия:
   - нормы плавности работы могут быть на одну степень точности точнее или грубее норм кинематической точности;
   - нормы контакта зубчатых колес могут назначаться по любым более точным степеням, а также на одну степень грубее, чем нормы плавности работы зубчатых колес и передач.
4. Для передач с нерегулируемым или регулируемым расположением осей устанавливается пять видов сопряжений зубчатых колес – **D**, **E**, **F**, **G**, **H** и четыре вида допуска на боковой зазор – **e**, **f**, **g**, **h**. Значения приведены в порядке убывания величины бокового зазора и допуска на него.

   Виды сопряжений зубчатых колес в передаче в зависимости от степени точности по нормам плавности работы приведены в таблице.

Вид сопряжений	**D**		**E**		**F**	**G**	**H**
Модуль m, мм	от 0,1 до 0,5	св. 0,5 до <1,0	от 0,1 до 0,5	св. 0,5 до 1,0	от 0,5 до <1,0		
Степень точности по нормам плавности работы	3 – 10	3 – 12	3 – 10	3 – 12	3 – 10	3 – 8	3 – 7

Примечание. Для зубчатых колес с модулем m <= 0,3 мм, подлежащих изготовлению полнопрофильным инструментом, и зубчатых колес с модулем m < 0,2 мм, подлежащих изготовлению инструментом с открытым профилем, должна производиться проверка коэффициента перекрытия ε.

5. Видам сопряжений **D** и **E** соответствует вид допуска на боковой зазор **e**, а видам сопряжения **F**, **G**, **H –** виды допусков **f**, **g**, **h** соответственно.

   Соответствие между видом сопряжений зубчатых колес в передаче и видом допуска на боковой зазор можно изменять; также могут быть использованы виды допусков **x**, **y**, **z**.

Соответствие между видом сопряжений зубчатых колес в передаче и видом допуска на боковой зазор можно изменять.

6. Точность изготовления зубчатых колес и передач задается степенью точности, а требования к боковому зазору – видом сопряжения по нормам бокового зазора.

Примеры условного обозначения точности цилиндрической передачи:

7 – G

Такая запись означает, что зубчатая передача имеет степень точности **7** по всем трем нормам (кинематическая точность, норма плавности работы и норма контакта), вид сопряжения - **G** и вид допуска на боковой зазор - **g**.

7 – 8 – 8 – Gf

Такая запись означает, что зубчатая передача по норме кинематической точности имеет степень точности **7**, по норме плавности работы – **8**, по норме контакта – **8**. Вид сопряжения зубчатых колес — **G**, вид допуска на боковой зазор – **f**.

чтобы для эпицикла назначить степень точности, отличную от сателлита, включите опцию, расположенную слева от поля ввода степени точности эпицикла.

- **выбор степени точности, вида сопряжения зубчатых колес и вида допуска на боковой зазор в зубчатой передаче**;

Чтобы ознакомится с показателями, характеризующими степень точности, либо назначить степень точности, отличную от базовой, нажмите кнопку  ***Выбор степени точности, вида сопряжения зубчатых колес и вида допуска на боковой зазор в зубчатой передаче***, расположенную справа от поля ***Степень точности и вид сопряжения***, и выполните необходимые действия в открывшемся окне ***Выбор степени точности, вида сопряжения зубчатых колес и вида допуска на боковой зазор*** 366.

- **коэффициент смещения исходного контура**;

В случае выбора варианта расчета **по межосевому расстоянию** на второй странице вводятся значения коэффициентов смещения с учетом суммарного коэффициента смещения. При этом, используя выпадающее меню можно выполнить:

- расчет ***X1*** по ***X2***;
- расчет ***X2*** по ***X1***;
- расчет ***X1*** и ***X2*** из условия равнопрочности зубьев шестерни и колеса.

При этом следует помнить, что суммарный коэффициент смещения определяется как ***X2-X1***.

- **Фактический диаметр вершин зубьев**.

Фактический диаметр вершин зубьев может быть равен, меньше или больше номинального (расчетного) диаметра. При этом:

- для сателлита максимальный фактический диаметр может быть больше номинального на величину, рассчитанную по формуле 2 * (c - 0,1) * m_n;
- для эпицикла минимальный фактический диаметр может быть меньше номинального на величину, рассчитанную по формуле 2 * (c - 0,1) * m_n.

Увеличенный диаметр сателлита и уменьшенный диаметр эпицикла позволяет увеличить коэффициент перекрытия. При этом нужно контролировать критерии качества зацепления – интерференцию и заострение зубьев.

Для управления расчетом и данными используйте кнопки инструментальной панели.

Во время выполнения расчета происходит диагностика рассчитываемой передачи по различным критериям и показателям. Результаты диагностики отображаются в области ***Ход расчета***. Если диагностируемые параметры удовлетворительны, результаты диагностики выделены зеленым цветом. Если неудовлетворительны – красным.
Чтобы получить информационное сообщение с рекомендациями по исправлению ошибок, наведите курсор мыши на неудовлетворительный результат диагностики. В сообщениях используется специальная терминология 10.
Основной вывод по итогам диагностики передачи приведен в нижней части окна.

После выполнения расчета передачи можно визуализировать работу 380 зубчатого зацепления. Для этого нажмите на панели инструментов кнопку  ***Визуализация зацепления*** и выполните необходимые действия в открывшемся окне.



Для зубчатого колеса, спроектированного с нарушением показателей качества зацепления, могут возникнуть сложности при генерации 3D-модели.

Смотрите также раздел Варианты расчета 73.

Расчет на прочность

Описание расчета 81;

Выбор схемы расположения передачи 83.

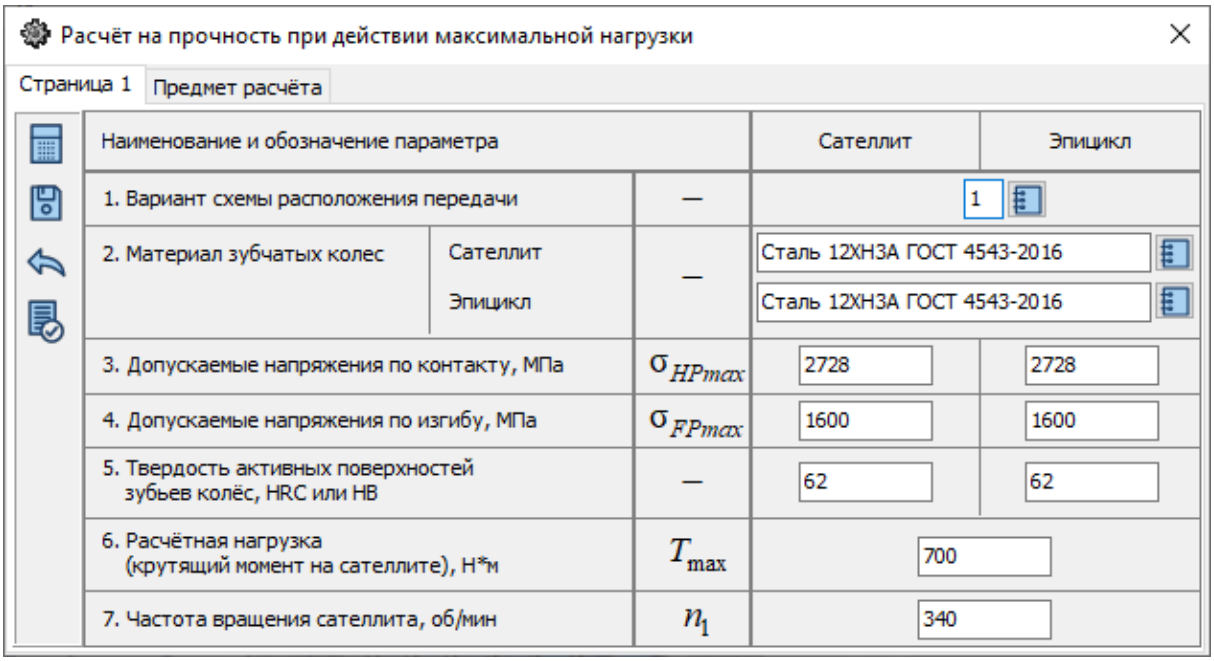
Описание расчета

Цель выполнения расчета на прочность – определение коэффициента запаса по контактным напряжениям и напряжениям изгиба.

Расчет на прочность зубчатых колес внутреннего зацепления при действии максимальной нагрузки выполняется по ГОСТ 21354-87 «Передачи зубчатые цилиндрические эвольвентные внешнего зацепления. Расчет на прочность» и по книге «Зубчатые передачи. Справочник» под общ.ред. Е.Г. Гинзбурга.

Поля ввода исходных данных располагаются на 1 странице.
Данные на странице ***Предмет расчета*** (описательная информация о расчете) постоянны для всех расчетов передачи (геометрия, прочность, долговечность).

Введите исходные данные на ***Странице 1***.



Особенности ввода некоторых данных:

- **вариант схемы расположения передачи**;

  Выбор осуществляется в специализированном диалоге 83, который открывается после нажатия кнопки .

- **материал зубчатых колес**;

  Введите значение вручную или нажмите кнопку . Загрузится *Модуль выбора материалов*, с помощью которого вы сможете выбрать материал зубчатого колеса и определить механические свойства этого материала.

- **допускаемые напряжения по контакту** σ_{HPmax};

  Значение определяется автоматически, если материал был выбран из *Модуля материалов*.

  Для зубьев, подвергнутых нормализации, улучшению или закалке:

  $$\sigma_{HPmax} = 2,8\sigma_T,$$

  где σ_T - предел текучести материала при растяжении, МПа.

  Для зубьев цементованных:

  $$\sigma_{HPmax} = 40H_{HRC},$$

  где H_{HRC} - твердость поверхности зуба в единицах Роквелла.

  Для зубьев азотированных:

  $$\sigma_{HPmax} = 3H_{HV},$$

  где H_{HV} - твердость поверхности зуба в единицах Виккерса.

- **допускаемые напряжения по изгибу** σ_{FPM};

  Значение определяется автоматически, если материал был выбран из *Модуля материалов*.

Для легированных и углеродистых сталей при нормализации или улучшении:

$$\sigma_{FPM} = \frac{\sigma_{F\lim M}}{S_{FM}} = \frac{4,8H_{HB}}{1,75},$$

где H_{HB} - твердость поверхности зуба в единицах Бринелля.

Для легированных сталей, содержащих никель более 1%, при цементации:

$$\sigma_{FPM} = \frac{\sigma_{F\lim M}}{S_{FM}} = \frac{2650}{1,75} = 1514,3МПа$$

- **твердость активных поверхностей зубьев**;

  Значение определяется автоматически, если выбор материала был осуществлен из *Модуля материалов*.

- **расчетная нагрузка**.

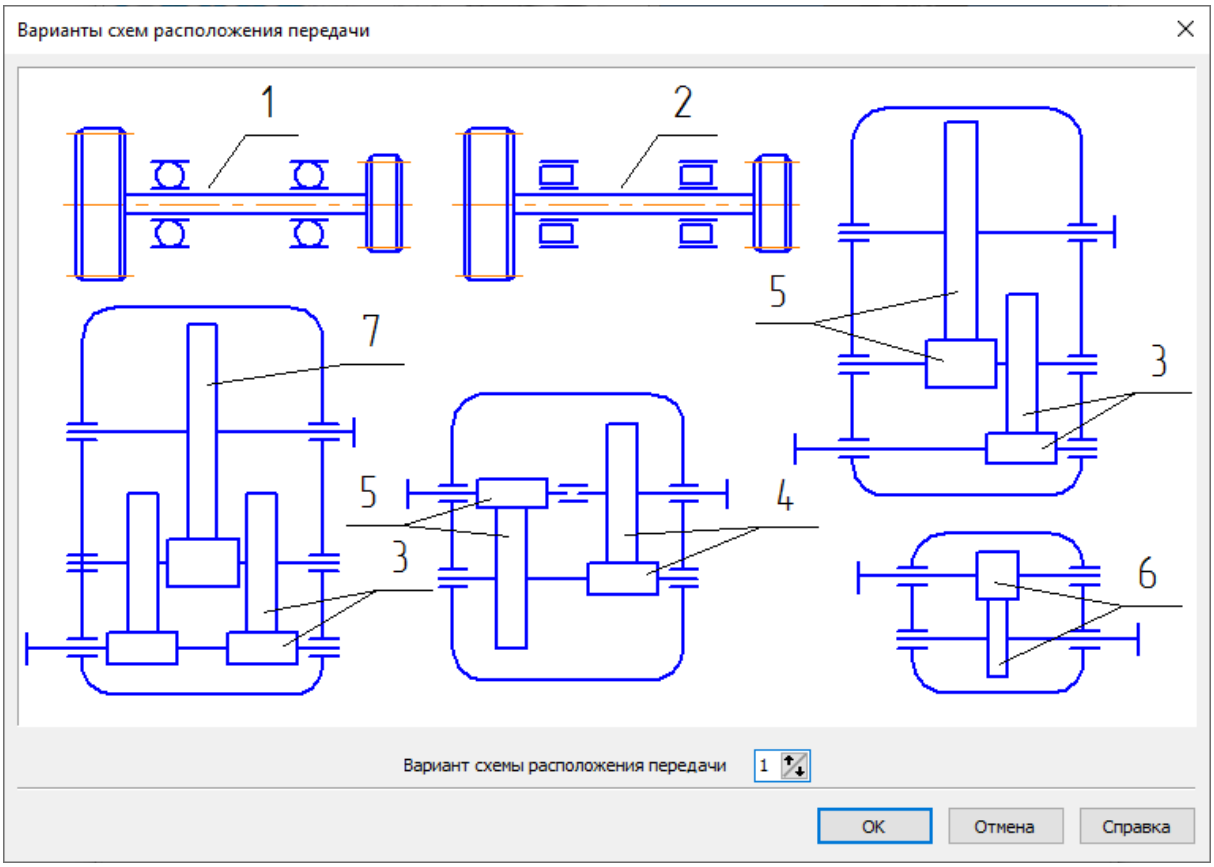
  Задается на сателлите.

Для управления расчетом и данными используйте кнопки инструментальной панели.

После выполнения расчета его результаты будут представлены в виде отчета и показаны в окне ***Результаты расчета***.

Выбор схемы расположения передачи

Чтобы выбрать схему расположения передачи из предлагаемых вариантов, укажите номер схемы в поле ввода или щелкните мышью на изображении этой схемы (например, рядом с цифрой на рисунке).



Расчет на долговечность

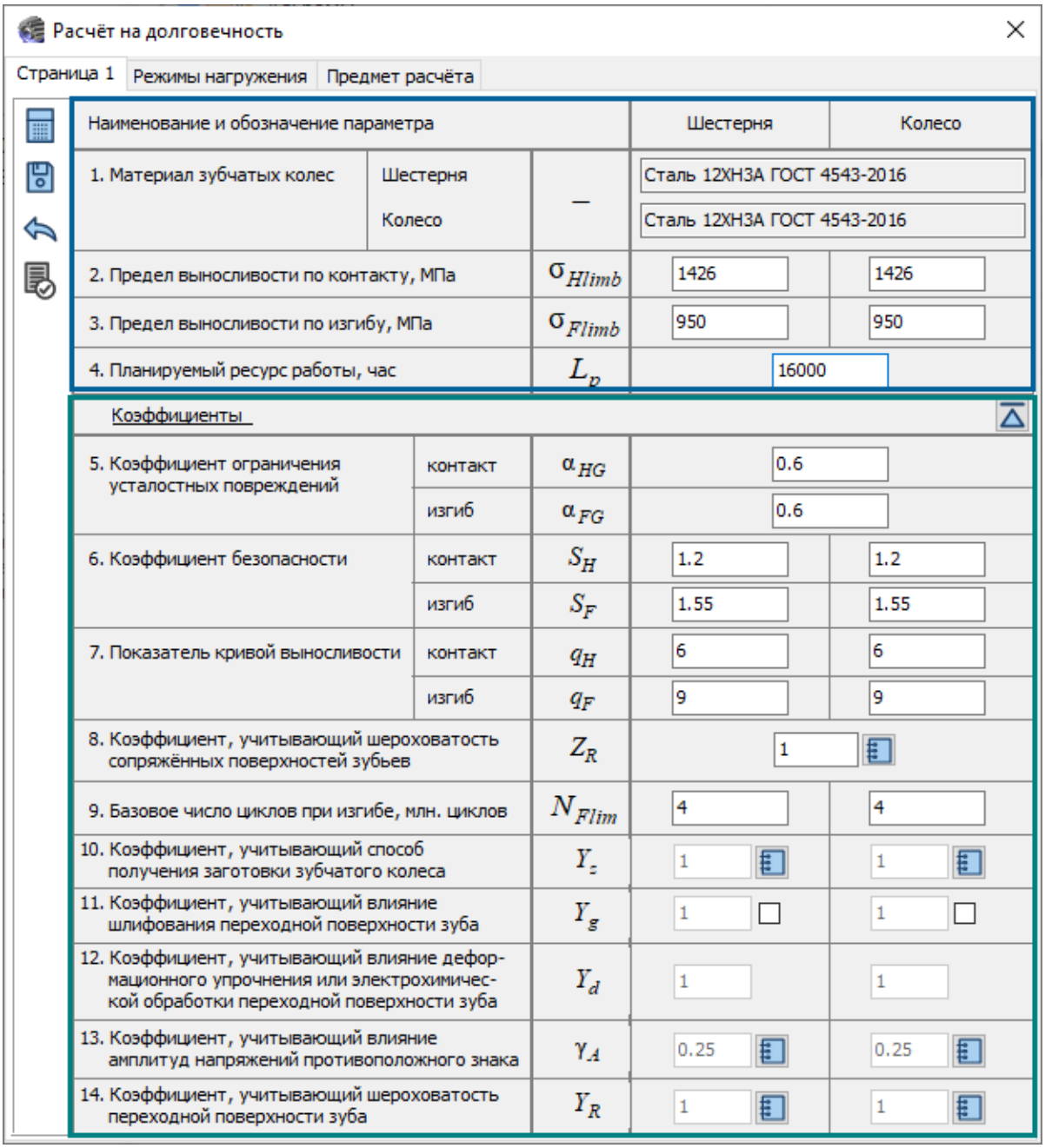
Цель выполнения расчета на долговечность – определение контактной долговечности и долговечности при изгибе (т.е. определяется ресурс в часах, а также эквивалентные контактные и изгибные напряжения). Расчет производится по методу эквивалентных напряжений.

Поля ввода исходных данных располагаются на двух страницах.
Данные на странице ***Предмет расчета*** (описательная информация о расчете) постоянны для всех расчетов передачи (геометрия, прочность, долговечность).

Введите данные на ***Странице 1***. Введите данные на ***Странице 1***. Страница условно разделена на две области (панели):

- ***Параметры*** – предназначена для ввода значений параметров, необходимых для расчета;
- ***Коэффициенты*** – предназначена для ввода значений коэффициентов.

По умолчанию панель ***Коэффициенты*** скрыта. Чтобы раскрыть ее, щелкните мышью по названию панели ***Коэффициенты*** или нажмите кнопку ***Показать панель с коэффициентами***. Повторный щелчок мышью по названию панели или нажатие кнопки ***Скрыть панель с коэффициентами*** приведет к тому, что панель ***Коэффициенты*** будет скрыта.



Особенности ввода некоторых данных на первой странице:

- **предел выносливости по контакту** $\sigma_{H lim b}$;

  Значение определяется автоматически, если материал был выбран *Модуля материалов*.

  При НВ < 350, нормализации или улучшении:

  $$\sigma_{H lim b} = 2 H_{HB} + 70$$

  При HRC > 56, цементации или нитроцементации:

  $$\sigma_{H lim b} = 23 H_{HRC}$$

- **предел выносливости по изгибу** $\sigma^{o}_{f\ lim b}$;

  Значение определяется автоматически, если материал был выбран из *Модуля материалов*. Предел выносливости по изгибу, соответствующий базовому числу циклов перемены напряжений, принимается по таблице ГОСТ 21354-87 в зависимости от марки материала и вида термообработки.

- **коэффициент ограничения усталостных повреждений по контакту и изгибу**;

  Значение определяется автоматически, если материала был выбран из *Модуля материалов*. По умолчанию 0,6. При необходимости значение коэффициента можно изменить. Диапазон возможных значений – 0,6…0,75.

- **коэффициент запаса прочности (безопасности) по контакту *SH***;

  Значение определяется автоматически, если материал был выбран из *Модуля материалов*.

  Для зубчатых колес с однородной структурой материала ***SH=1,1***. Для зубчатых колес с поверхностным упрочнением ***SH=1,2.***

  Для передач, выход из строя которых связан с серьезными последствиями, рекомендуется приведенные значения увеличивать до ***1,25*** и ***1,35*** соответственно.

- **коэффициент запаса прочности (безопасности) по изгибу *SF***;

  Значение определяется автоматически, если материал был выбран из *Модуля материалов*.

  Коэффициент учитывает нестабильность свойств материала зубчатых колес и ответственность зубчатой передачи. Выбирается в зависимости от марки материала, способа термической и химико-термической обработки и заданной вероятности неразрушения по таблице ГОСТ 21354-87.

  - Для сталей 18ХГТ, 12Х2Н4А, 20Х2Н4А, 12ХН3А, 20ХН3А, 30ХН3А (цементация) - ***SF=1,55***;
  - Для сталей 38ХС, 45Х, 45 (нормализация, улучшение) - ***SF=1,75***.

- **показатель кривой выносливости *qH***;

  Значение определяется автоматически, если материал был выбран из *Модуля материалов*.

  Начальные значения принимаются:

  - по контакту - ***qH =6***,
  - по изгибу:
    - ***qF =6*** - для колес с твердостью поверхности зубьев HB < 350, а также для колес, закаленных при нагреве ТВЧ с обрывом закаленного слоя у переходной поверхности, и зубчатых колес со шлифованной переходной поверхностью независимо от твердости и термообработки;
    - ***qF =9*** - для колес с нешлифованной переходной поверхностью при твердости поверхности зубьев HB > 350 и чугунных колес.

- **коэффициент, учитывающий шероховатость сопряженных поверхностей зубьев**;

  Определяется по тому из сопряженных колес, зубья которого имеют более грубые поверхности, т.е. в зависимости от класса шероховатости поверхности. Для ввода значений нажмите кнопку  ***Выбор коэффициента*** и дважды щелкните мышью по нужной строке в открывшейся таблице.

По умолчанию задается 1,0.

- **базовое число циклов при изгибе**;

  По умолчанию задается ***NFO* = 4** млн. циклов.

- **коэффициент, учитывающий способ получения заготовки зубчатого колеса**;

  Для ввода значений нажмите кнопку ***Выбор коэффициента*** и дважды щелкните мышью по нужной строке в открывшейся таблице.

- **коэффициент, учитывающий влияние шлифования переходной поверхности зуба**;

  Чтобы учитывать этот коэффициент для шестерни и (или) колеса, включите опции, расположенные справа от полей ввода.

  Значения коэффициента задаются в зависимости от способа термической или химико-термической обработки по таблицам, приведенным в ГОСТ 21354-87 «Передачи зубчатые цилиндрические эвольвентные внешнего зацепления. Расчет на прочность». Для зубчатых колес с нешлифованной переходной поверхностью зубьев коэффициент принимают равным 1.

- **коэффициент, учитывающий влияние деформационного упрочнения или электрохимической обработки переходной поверхности зуба**;

  Значения коэффициента задаются в зависимости от способа термической или химико-термической обработки по таблицам, приведенным в ГОСТ 21354-87 «Передачи зубчатые цилиндрические эвольвентные внешнего зацепления. Расчет на прочность». Для зубчатых колес без деформационного упрочнения или электрохимической обработки переходной поверхности коэффициент принимают равными 1.

- **коэффициент, учитывающий влияние амплитуд напряжений противоположного знака**;

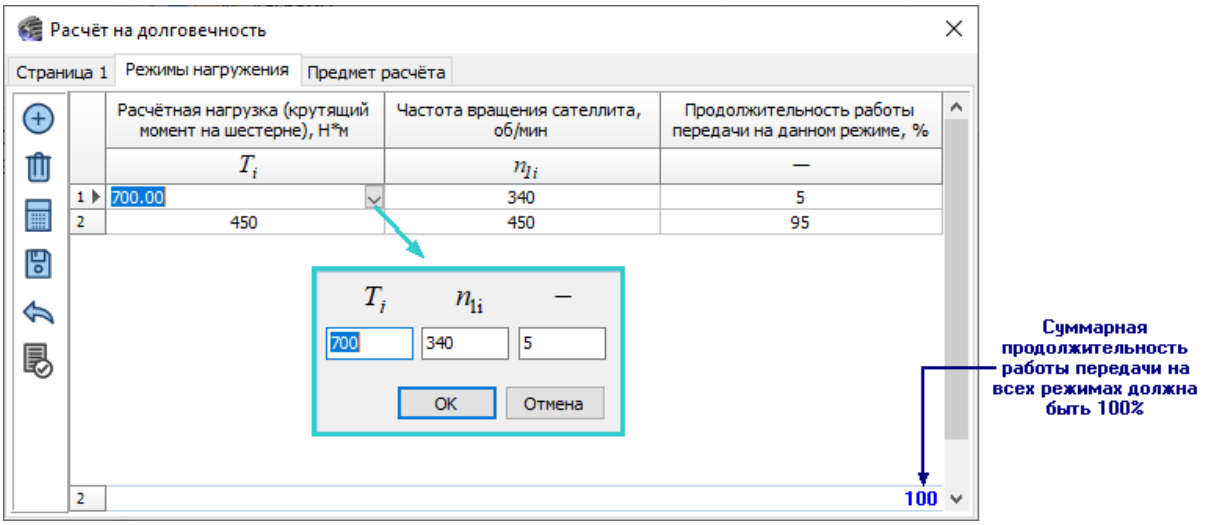
  Если элементы передачи испытывают знакопеременную нагрузку, то при расчете необходимо ввести коэффициент, значение которого определяется автоматически, в зависимости от свойств материала. Для ввода значений коэффициента нажмите кнопку ***Выбор коэффициента*** и дважды щелкните мышью по нужной строке в открывшейся таблице.

- **коэффициент, учитывающий шероховатость переходной поверхности зуба**.

  Для ввода значений коэффициента нажмите кнопку ***Выбор коэффициента*** и дважды щелкните мышью по нужной строке в открывшейся таблице.

Для управления расчетом и данными используйте кнопки инструментальной панели.

Введите данные на странице ***Режимы нагружения***.



Для управления списком режимов нагружения используйте кнопки панели инструментов.
Чтобы ввести или отредактировать значения параметров режима нагружения, выделите нужную строку и щелкните левой клавишей мыши в ячейке с любым параметром. В правой части ячейки появится кнопка с треугольником. Нажмите ее и введите значения параметров режима нагружения в открывшемся окне.

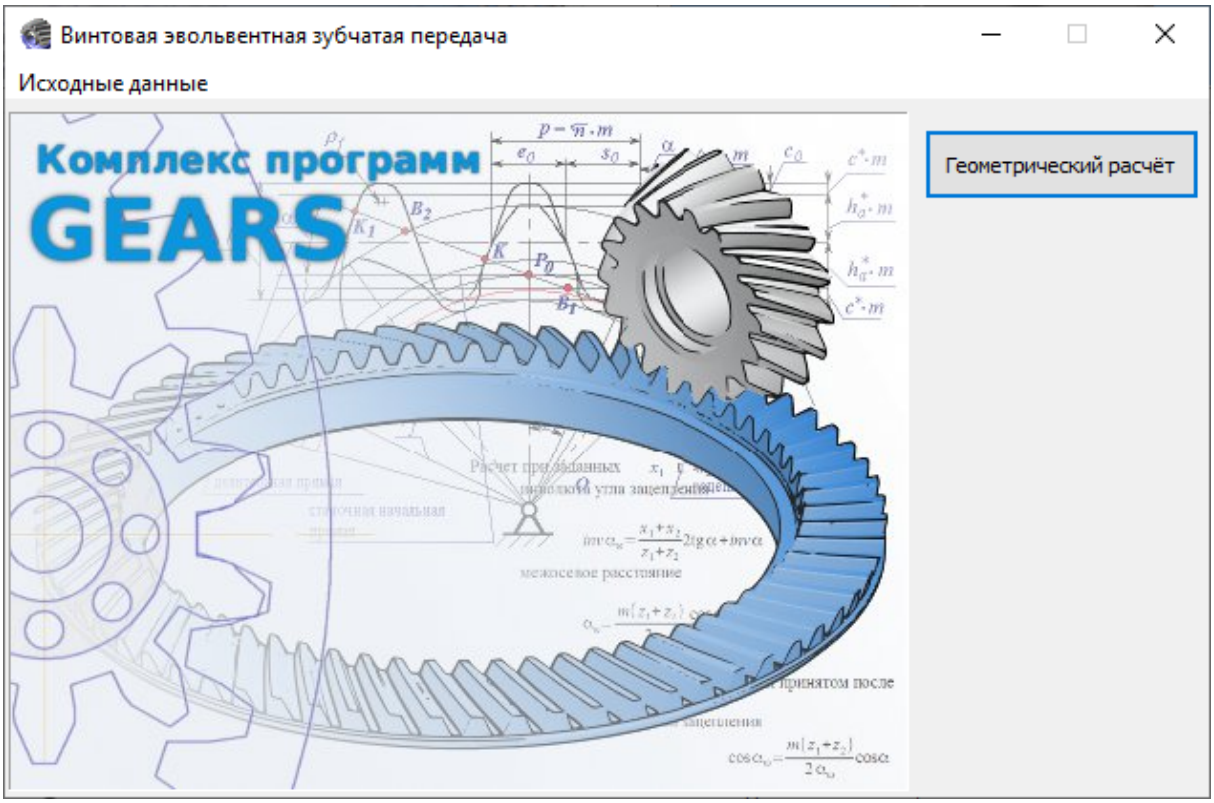
Для управления расчетом и данными используйте кнопки инструментальной панели.

После выполнения расчета его результаты будут представлены в виде отчета и показаны в окне ***Результаты расчета***.

В ряде случаев в отчете с результатами расчета могут отображаться значения ресурса по контакту и изгибу равные «999999». Это означает, что ресурс передачи практически бесконечен. Как правило, такой результат является следствием несущественных значений эквивалентных напряжений. Подробная информация о коэффициентах ограничения усталостных повреждений содержится в ГОСТ 21354-87 на странице 66 (Приложение 3 «Методы учета нагрузок, изменяющихся во времени», пункт 3 «Метод эквивалентных напряжений»).

Винтовые эвольвентные передачи

Средствами модуля *КОМПАС-GEARS* может быть выполнен геометрический расчет 89 винтовых эвольвентных зубчатых передач.



Если предстоит рассчитать модель элемента механической передачи, уже созданную в системе *Валы и механические передачи 2D*, геометрические параметры этого элемента будут автоматически переданы в *Модуль расчетов механических передач*.

Линейные размеры задаются в миллиметрах, а угловые - в градусах, минутах, секундах.

Исходные данные для расчета могут быть сохранены в файле формата **.gear_hel_dat* с помощью команд строки меню ***Исходные данные*** 365 или непосредственно при выполнении расчетов. В дальнейшем сохраненные данные можно будет загружать для расчета в модуль *КОМПАС-GEARS*.

Чтобы приступить к выполнению расчета, нажмите в окне ***Винтовая эвольвентная зубчатая передача*** кнопку, соответствующую виду расчета.

Геометрический расчет

При реализации геометрического расчета винтовой эвольвентной передачи были использованы следующие источники:

- Голованов Н.Ф., Гинзбург Е.Г., Фирун Н.Б. «Винтовые зубчатые передачи», 1967;
- Гинзбург Е.Г., Голованов Н.Ф., Фирун Н.Б., Халебский Н.Т. «Зубчатые передачи», 1980;
- Курлов Б.А. «Винтовые эвольвентные передачи», 1981;
- ГОСТ 1643-81 «Основные нормы взаимозаменяемости. Передачи зубчатые цилиндрические. Допуски»;
- ГОСТ 9178-81 «Основные нормы взаимозаменяемости. Передачи зубчатые цилиндрические мелкомодульные. Допуски»;
- Старжинский В.Е., Шалобаев Е.В., Шилько С.В. «Элементы привода приборов - расчет, конструированные, технологии», 2012, стр. 135-138;

- Вейц В.Л., Волженская А.М., Колчин Н.И. «Геометрия зацепления зубчатых передач», 1978, стр. 73-74.

Расчет выполняется по межосевому расстоянию.

Описание расчета 90.

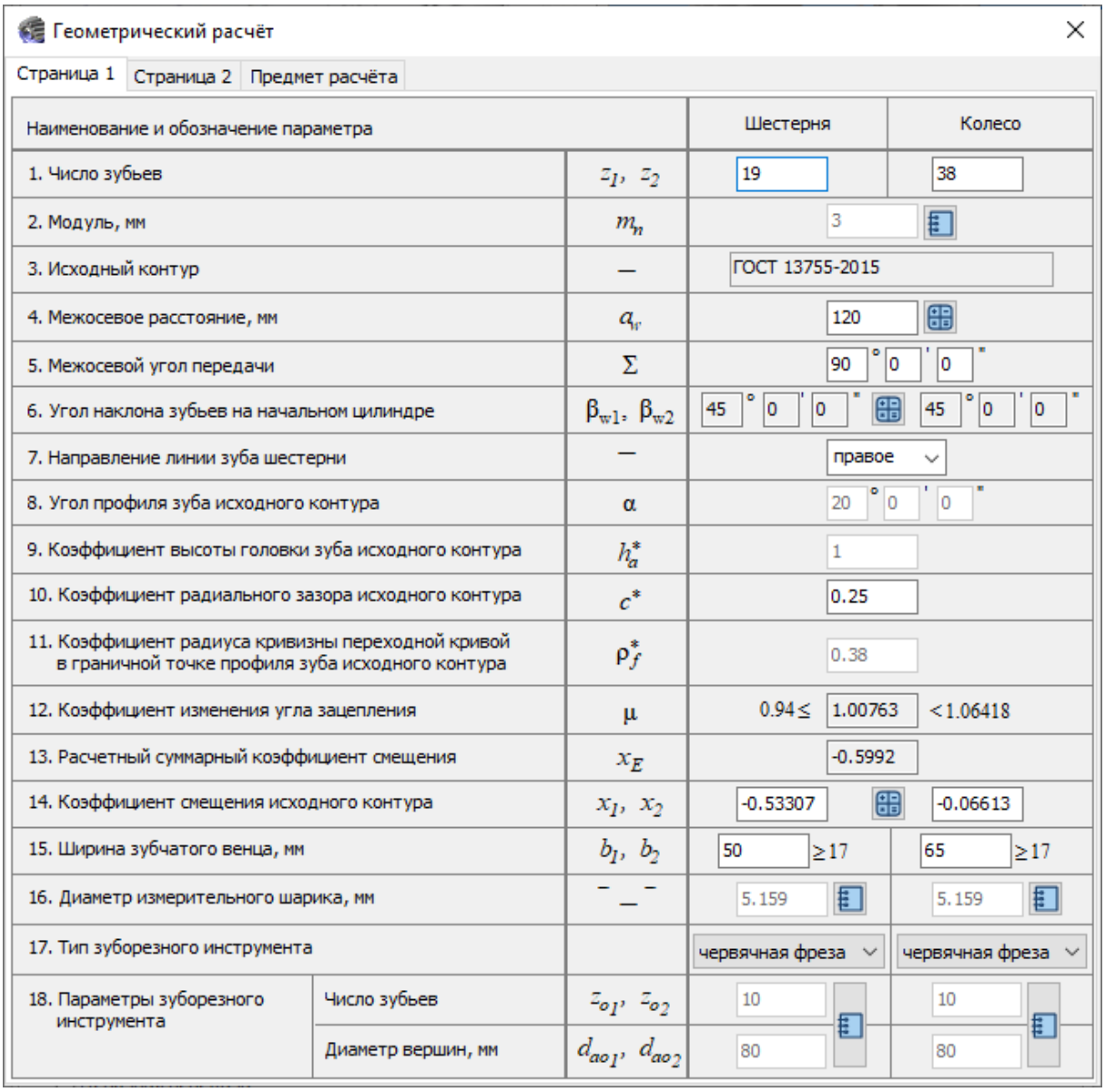
Описание расчета

Целями выполнения геометрического расчета винтовой эвольвентной зубчатой передачи являются:

- определение основных параметров зубчатых колес;
- проверка качества зацепления по геометрическим показателям.

Поля ввода исходных данных располагаются на двух страницах. Переход на вторую страницу и выполнение расчета возможно только после ввода всех данных на первой странице. Страница ***Предмет расчета*** предназначена для ввода описательной информации о расчете.

Введите данные на ***Странице 1***.



Особенности ввода некоторых данных:

- **межосевое расстояние**;

  Для расчета межосевого расстояния по заданному числу зубьев шестерни и колеса нажмите кнопку .

- **модуль**;

  Значения модуля стандартизованы. Чтобы выбрать модуль, нажмите кнопку ***Выбор модуля***, расположенную справа от поля ***Модуль***, и выполните необходимые действия в открывшемся окне ***Выбор модуля и исходного контура*** 97. Значение модуля появится в соответствующем поле ввода, информация об исходном контуре – в поле ***Исходный контур***.

- **угол наклона зубьев на начальном цилиндре**;

Для расчета значений углов наклона зубьев нажмите кнопку ***Расчет углов наклона зубьев*** и выберите один из вариантов:

- ***Установить равные углы наклона зубьев***;
- ***Рассчитать углы наклона и числа зубьев по учебникам Старжинского В.Е. и Вейца В.Л.***;
- ***Рассчитать углы наклона зубьев из условия равенства делительных диаметров***.

Расчет будет выполнен автоматически, значения появятся в соответствующих полях ввода.

параметры стандартного исходного контура;

Поля, соответствующие параметрам исходного контура,

- ***Угол профиля зуба исходного контура***,
- ***Коэффициента высоты головки зуба исходного контура***,
- ***Коэффициента радиального зазора исходного контура***,
- ***Коэффициента радиуса кривизны переходной кривой в граничной точке профиля зуба исходного контура***

будут заполнены автоматически. Значения параметров будут зависеть от выбранного модуля и стандарта на исходный контур. Некоторые значения доступны для редактирования. Если навести курсор на поле ввода редактируемого значения, появится подсказка, в которой указан диапазон возможных значений.

коэффициент смещения исходного контура;

Для расчета коэффициента нажмите кнопку . Откроется меню, в котором потребуется выбрать один из вариантов:

- ***Расчет коэффициентов смещения по максимально возможному коэффициенту перекрытия***;
- ***Установить равные коэффициенты смещения по суммарному коэффициенту смещения***;
- ***Расчет X1 по X2***;
- ***Расчет X2 по X1***.

После выбора нужного варианта значения коэффициента смещения исходного контура появится в полях ввода.

диаметр измерительного шарика.

Для контроля толщины зуба у косозубых колес используются шарики (т.к. контакт ролика с противоположными сторонами впадины происходит не по параллельным линиям и ролик будет качаться).
По умолчанию в полях ввода отображается рекомендованное значение диаметра. Чтобы выбрать другой диаметр, нажмите кнопку ***Подбор диаметра***, расположенную справа от полей ***Диаметр измерительного шарика***. Порядок работы при этом будет таким же, как и при выборе диаметра[378] измерительного ролика (шарика) для цилиндрической шестерни внешнего зацепления.
Чтобы вернуться к рекомендованному значению, нажмите клавишу ***<F10>***.

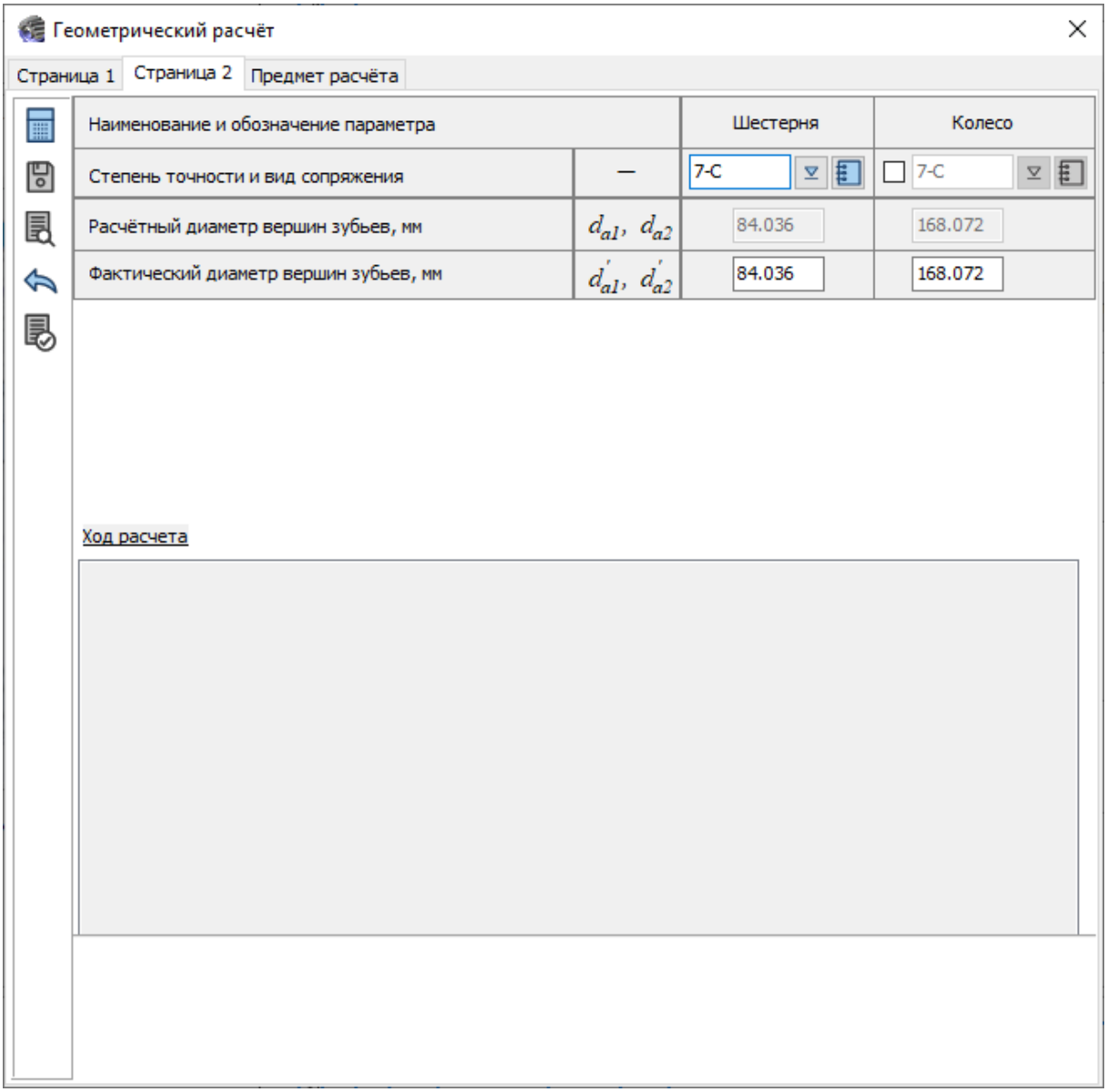
тип зуборезного инструмента;

Выбор типа зуборезного инструмента осуществляется из раскрывающегося списка возможных значений.
В случае выбора вариантов ***долбяк***, ***червячная фреза***, ***дисковая фреза*** потребуется выбрать параметры зуборезного инструмента.

- **параметры зуборезного инструмента**.

  Выбор параметров зуборезного инструмента (долбяка 369, червячной фрезы 372, дисковой фрезы 375) осуществляется в специальных диалогах, которые открываются после нажатия кнопки  ***Выбор (тип инструмента)***.

Введите данные на ***Странице 2***.



Особенности ввода степеней точности (назначаются так же, как для цилиндрических зубчатых передач).

Крупномодульные передачи.

При назначении степени точности крупномодульных цилиндрических зубчатых передач необходимо руководствоваться следующими положениями.

1. Согласно ГОСТ 1643-81 «Основные нормы взаимозаменяемости. Передачи зубчатые цилиндрические. Допуски» для цилиндрических зубчатых передач внешнего и внутреннего зацепления устанавливаются двенадцать степеней точности зубчатых колес и передач, обозначаемых в порядке убывания точности цифрами **1**, **2**, **3**, **4**, **5**, **6**, **7**, **8**, **9**, **10**, **11**, **12**.
2. Для каждой степени точности устанавливаются нормы кинематической точности, плавности работы и контакта зубчатых колес в передаче.
3. Допускается комбинирование различных степеней точности и норм кинематической точности, плавности работы и контакта зубчатых колес.

   При комбинировании необходимо соблюдать следующие условия:
   - нормы плавности работы могут быть точнее (не более чем на две степени точности) или грубее (не более чем на одну степень точности) норм кинематической точности;
   - нормы контакта зубчатых колес могут назначаться по любым более точным степеням, а также на одну степень грубее, чем нормы плавности работы зубчатых колес и передач.
4. Устанавливаются шесть видов сопряжений зубчатых колес – **A**, **B**, **C**, **D**, **E**, **H** и восемь видов допуска на боковой зазор – **x**, **y**, **z**, **a**, **b**, **c**, **d**, **h**. Значения приведены в порядке убывания величины бокового зазора и допуска на него.

   Виды сопряжений зубчатых колес в передаче в зависимости от степени точности по нормам плавности работы приведены в таблице.

Вид сопряжений	A	B	C	D	E	H
Степень точности по нормам плавности работы	3 – 12	3 – 11	3 – 9	3 – 8	3 – 7	3 – 7

5. Видам сопряжений **A**, **B**, **C**, **D** соответствуют виды допуска на боковой зазор **a**, **b**, **c**, **d** соответственно, а видам сопряжений **H** и **E** – вид допуска на боковой зазор **h**.

   Соответствие между видом сопряжений зубчатых колес в передаче и видом допуска на боковой зазор можно изменять; также могут быть использованы виды допусков **x**, **y**, **z**.
6. Точность изготовления зубчатых колес и передач задается степенью точности, а требования к боковому зазору – видом сопряжения по нормам бокового зазора.

Примеры условного обозначения точности цилиндрической передачи:

7 – C

Такая запись означает, что зубчатая передача имеет степень точности **7** по всем трем нормам (кинематическая точность, норма плавности работы и норма контакта), вид сопряжения - **C** и вид допуска на боковой зазор - **c**.

8 – 7 – 6 – Ba

Такая запись означает, что зубчатая передача по норме кинематической точности имеет степень точности **8**, по норме плавности работы – **7**, по норме контакта – **6**. Вид сопряжения зубчатых колес — **B**, вид допуска на боковой зазор – **a**.

Мелкомодульные передачи.

При назначении степени точности мелкомодульных цилиндрических зубчатых передач необходимо руководствоваться следующими положениями.

1. Согласно ГОСТ 9178-81 «Основные нормы взаимозаменяемости. Передачи зубчатые цилиндрические мелкомодульные» для цилиндрических зубчатых передач внешнего и внутреннего зацепления с модулем от 0,1 до 1,0 (исключительно) устанавливаются двенадцать степеней точности зубчатых колес и передач, обозначаемых в порядке убывания точности цифрами **1**, **2**, **3**, **4**, **5**, **6**, **7**, **8**, **9**, **10**, **11**, **12**.
2. Для каждой степени точности устанавливаются нормы кинематической точности, плавности работы и контакта зубчатых колес в передаче.
3. Допускается комбинирование различных степеней точности и норм кинематической точности, плавности работы и контакта зубчатых колес.

   При комбинировании необходимо соблюдать следующие условия:
   - нормы плавности работы могут быть на одну степень точности точнее или грубее норм кинематической точности;
   - нормы контакта зубчатых колес могут назначаться по любым более точным степеням, а также на одну степень грубее, чем нормы плавности работы зубчатых колес и передач.
4. Для передач с нерегулируемым или регулируемым расположением осей устанавливается пять видов сопряжений зубчатых колес – **D**, **E**, **F**, **G**, **H** и четыре вида допуска на боковой зазор – **e**, **f**, **g**, **h**. Значения приведены в порядке убывания величины бокового зазора и допуска на него.

   Виды сопряжений зубчатых колес в передаче в зависимости от степени точности по нормам плавности работы приведены в таблице.

Вид сопряжений	**D**		**E**		**F**	**G**	**H**
Модуль m, мм	от 0,1 до 0,5	св. 0,5 до <1,0	от 0,1 до 0,5	св. 0,5 до 1,0	от 0,5 до <1,0		
Степень точности по нормам плавности работы	3 – 10	3 – 12	3 – 10	3 – 12	3 – 10	3 – 8	3 – 7

Примечание. Для зубчатых колес с модулем m <= 0,3 мм, подлежащих изготовлению полнопрофильным инструментом, и зубчатых колес с модулем m < 0,2 мм, подлежащих изготовлению инструментом с ε открытым профилем, должна производиться проверка коэффициента перекрытия .

5. Видам сопряжений **D** и **E** соответствует вид допуска на боковой зазор **e**, а видам сопряжения **F**, **G**, **H –** виды допусков **f**, **g**, **h** соответственно.

   Соответствие между видом сопряжений зубчатых колес в передаче и видом допуска на боковой зазор можно изменять; также могут быть использованы виды допусков **x**, **y**, **z**.

   Соответствие между видом сопряжений зубчатых колес в передаче и видом допуска на боковой зазор можно изменять.

6. Точность изготовления зубчатых колес и передач задается степенью точности, а требования к боковому зазору – видом сопряжения по нормам бокового зазора.

Примеры условного обозначения точности цилиндрической передачи:

7 – G

Такая запись означает, что зубчатая передача имеет степень точности **7** по всем трем нормам (кинематическая точность, норма плавности работы и норма контакта), вид сопряжения - **G** и вид допуска на боковой зазор - **g**.

7 – 8 – 8 – Gf

Такая запись означает, что зубчатая передача по норме кинематической точности имеет степень точности **7**, по норме плавности работы – **8**, по норме контакта – **8**. Вид сопряжения зубчатых колес — **G**, вид допуска на боковой зазор – **f**.

Чтобы для колеса назначить степень точности, отличную от шестерни, включите опцию, расположенную слева от поля ввода степени точности колеса.

- **Выбор степени точности, вида сопряжения зубчатых колес и вида допуска на боковой зазор в зубчатой передаче**.

  Чтобы ознакомится с показателями, характеризующими степень точности, либо назначить степень точности, отличную от базовой, нажмите кнопку  ***Выбор степени точности, вида сопряжения зубчатых колес и вида допуска на боковой зазор в зубчатой передаче***, расположенную справа от поля ***Степень точности и вид сопряжения***, и выполните необходимые действия в открывшемся окне ***Выбор степени точности, вида сопряжения зубчатых колес и вида допуска на боковой зазор*** 366.

- **Фактический диаметр вершин зубьев**.

  Фактический диаметр вершин зубьев может быть равен, меньше или больше номинального (расчетного) диаметра.
  Максимальный фактический диаметр может быть больше номинального на величину, рассчитанную по формуле 2 * (c - 0,1) * m_n.
  Увеличенный диаметр позволяет увеличить коэффициент перекрытия. При этом нужно контролировать критерии качества зацепления – интерференцию и заострение зубьев.

Для управления расчетом и данными используйте кнопки инструментальной панели.

Во время выполнения расчета происходит диагностика рассчитываемой передачи по различным критериям и показателям. Результаты диагностики отображаются в области ***Ход расчета***. Если диагностируемые параметры удовлетворительны, результаты диагностики выделены зеленым цветом. Если неудовлетворительны – красным.
Чтобы получить информационное сообщение с рекомендациями по исправлению ошибок, наведите курсор мыши на неудовлетворительный результат диагностики. В сообщениях используется специальная терминология 10.
Основной вывод по итогам диагностики передачи приведен в нижней части окна.

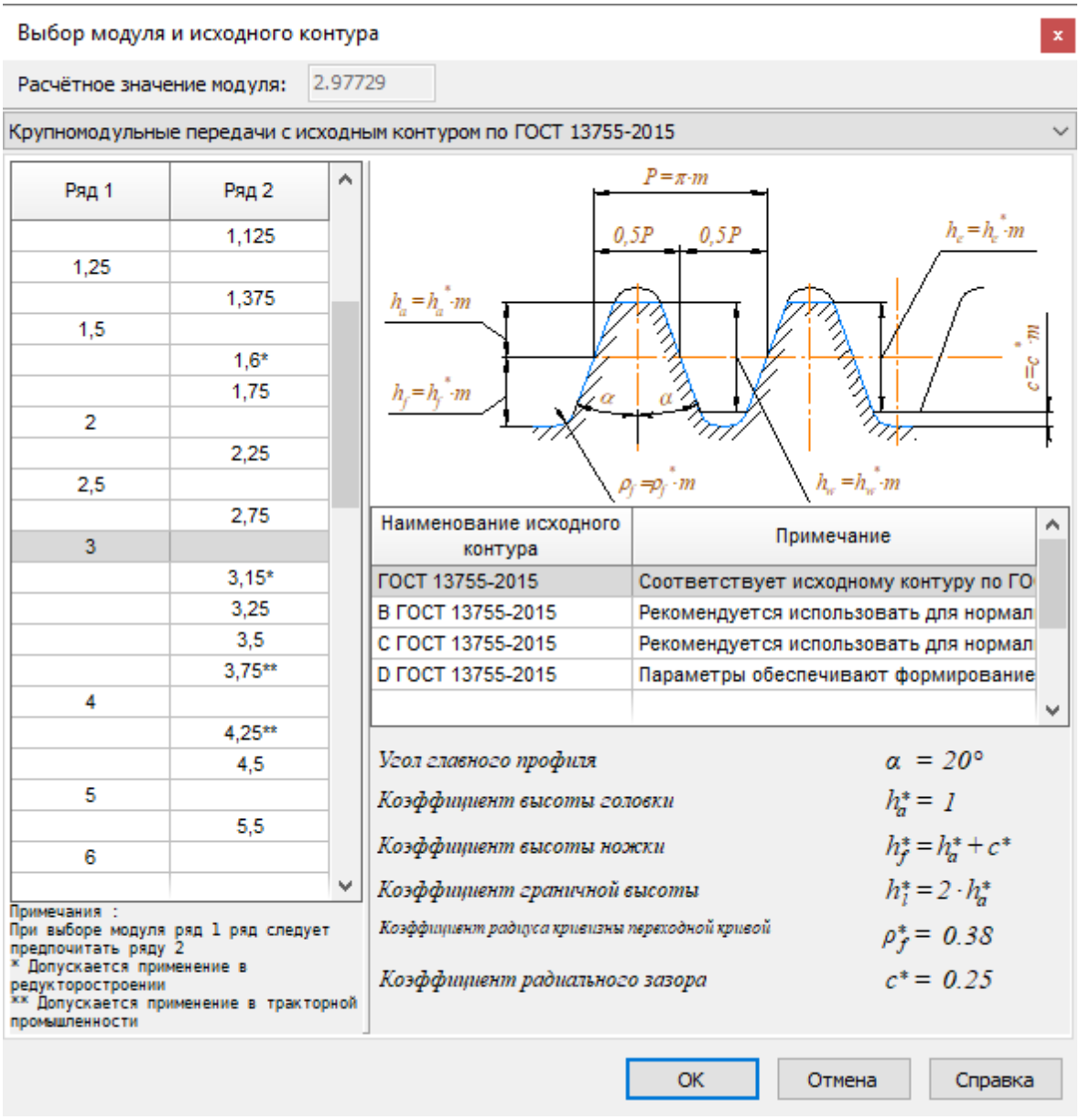
После выполнения расчета передачи можно визуализировать работу 380 зубчатого зацепления. Для этого нажмите на панели инструментов кнопку  ***Визуализация зацепления*** и выполните необходимые действия в открывшемся окне.



Для зубчатого колеса, спроектированного с нарушением показателей качества зацепления, могут возникнуть сложности при генерации 3D-модели.

Выбор модуля

Выбор модуля цилиндрической шестерни винтовой эвольвентной передачи осуществляется в диалоге Выбор модуля и исходного контура, который открывается после нажатия кнопки Выбор модуля, находящейся в окне Геометрический расчет.



В верхней части окна находится раскрывающийся список, в котором перечислены варианты, доступные для выбора:

- крупномодульные передачи с исходным контуром по ГОСТ 13755-2015;
- мелкомодульные передачи с исходным контуром по ГОСТ 9587-81;
- крупномодульные высоконапряженные передачи с исходным контуром по ГОСТ Р 50531-93;
- метрические модули (исходный контур по стандартам других стран);

- питчевые модули (исходный контур по стандартам других стран);
- двойной диаметральный (дробный) питч по стандарту фирмы Феллоу (USA);
- нестандартный модуль или (и) нестандартный исходный контур.

1. Выберите из списка нужный стандарт. В левой части окна будет показан список возможных значений модуля. В правой части приведены:
   - список исходных контуров, доступных для выбора (для некоторых стандартов);
   - рекомендации по применению (для некоторых стандартов);
   - изображение исходного контура со всеми параметрами;
   - справочная информация об исходном контуре, в том числе:
     - *коэффициент высоты головки*,
     - *коэффициент радиального зазора*,
     - *коэффициент радиуса кривизны переходной кривой.*
2. Щелчком мыши выберите значение модуля. При выборе желательно ориентироваться на расчетное значение, указанное в верхней части окна. В некоторых случаях вам потребуется выбрать исходный контур.

   Если вы выбрали вариант ***Нестандартный модуль или (и) нестандартный исходный контур***, введите в поле ***Модуль*** значение модуля и выберите в списке возможных значений ***Исходный контур*** стандарт на исходный контур либо вариант ***Нестандартный***.
3. Нажмите кнопку ***ОК***. Значение модуля появится в поле ***Модуль***, значения параметров исходного контура – в соответствующих полях ввода. Если вы выбрали нестандартный исходный контур, введите значения его параметров в соответствующих полях.

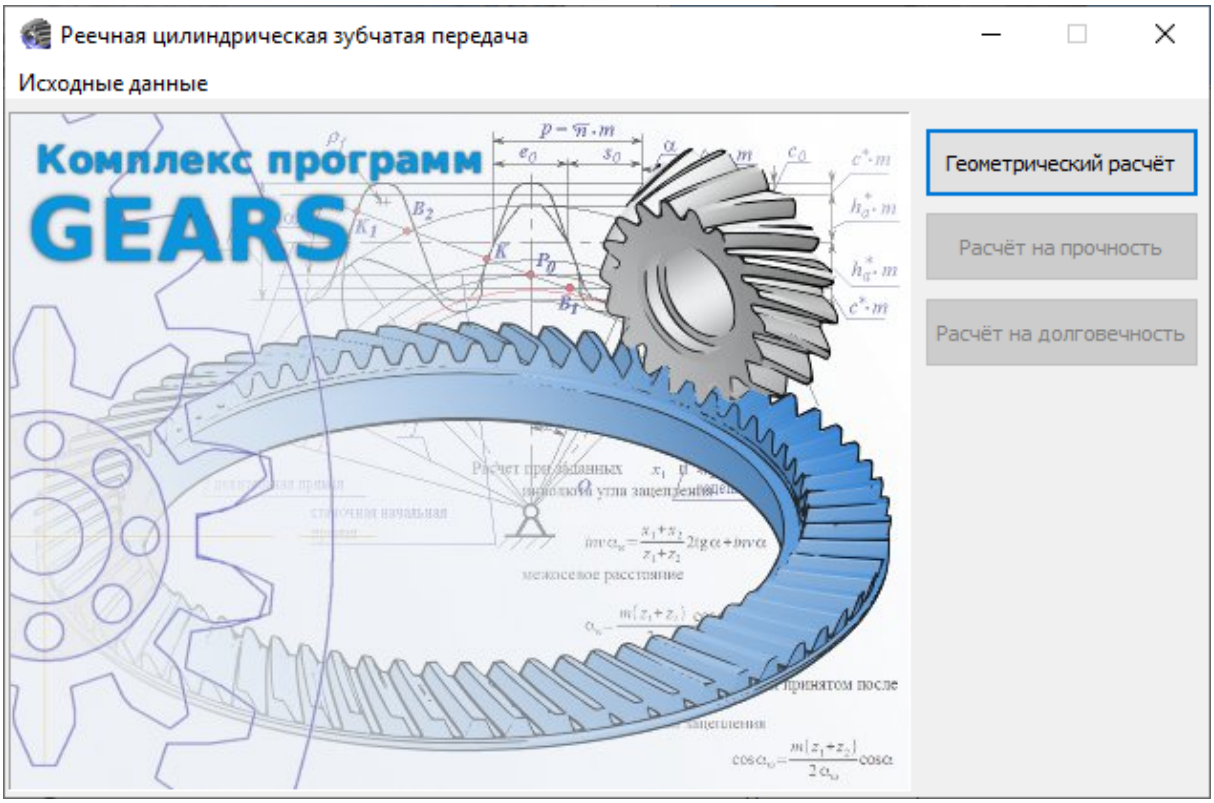
Реечные цилиндрические зубчатые передачи

Средствами модуля *КОМПАС-GEARS* могут быть рассчитаны реечные цилиндрические зубчатые передачи. При разработке методик расчетов были использованы следующие источники информации:

- Гинзбург Е.Г., Голованов Н.Ф., Фирун Н.Б., Халебский Н.Т. Зубчатые передачи. Справочник, 1980 г., стр. 73-77;
- Литвин Ф.Л. Справочник конструктора точного приборостроения, 1964, стр. 735;
- СТП 529.13.004-84, (г. Кимры, Савеловский машиностроительный завод);
- ГОСТ 10242-81 «Основные нормы взаимозаменяемости. Передачи зубчатые реечные. Допуски»;
- ГОСТ 13506-81 «Основные нормы взаимозаменяемости. Передачи зубчатые реечные мелкомодульные. Допуски»;
- ГОСТ 2.404-75.ГОСТ 2.404-75 «Единая система конструкторской документации. Правила выполнения чертежей зубчатых реек».

Системой предусмотрено три вида расчетов, выполняемых последовательно:

- геометрический расчет 99;
- расчет на прочность 109;
- расчет на долговечность 111.



Если предстоит рассчитать модель элемента механической передачи, уже созданную в системе *Валы и механические передачи 2D*, геометрические параметры этого элемента будут автоматически переданы в *Модуль расчетов механических передач*.

Линейные размеры задаются в миллиметрах, а угловые - в градусах, минутах, секундах.

Исходные данные для расчета могут быть сохранены в файле формата **.gear_rck_dat* с помощью команд строки меню ***Исходные данные***[365] или непосредственно при выполнении расчетов. В дальнейшем сохраненные данные можно будет загружать для расчета в модуль *КОМПАС-GEARS*.

Чтобы приступить к выполнению расчета, нажмите в окне ***Реечная цилиндрическая зубчатая передача*** кнопку, соответствующую виду расчета.

Геометрический расчет

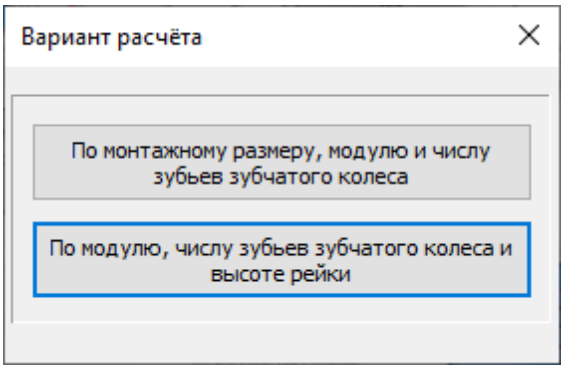
Варианты расчета[99];

Описание расчета[100];

Выбор модуля[107].

Варианты расчета

Выберите вариант расчета:



По монтажному размеру, модулю и числу зубьев зубчатого колеса

По заданному монтажному размеру, модулю и числу зубьев зубчатого колеса определяется высота рейки.

По модулю, числу зубьев зубчатого колеса и высоте рейки

По заданному модулю, числу зубьев зубчатого колеса и высоте рейки определяется монтажный размер.

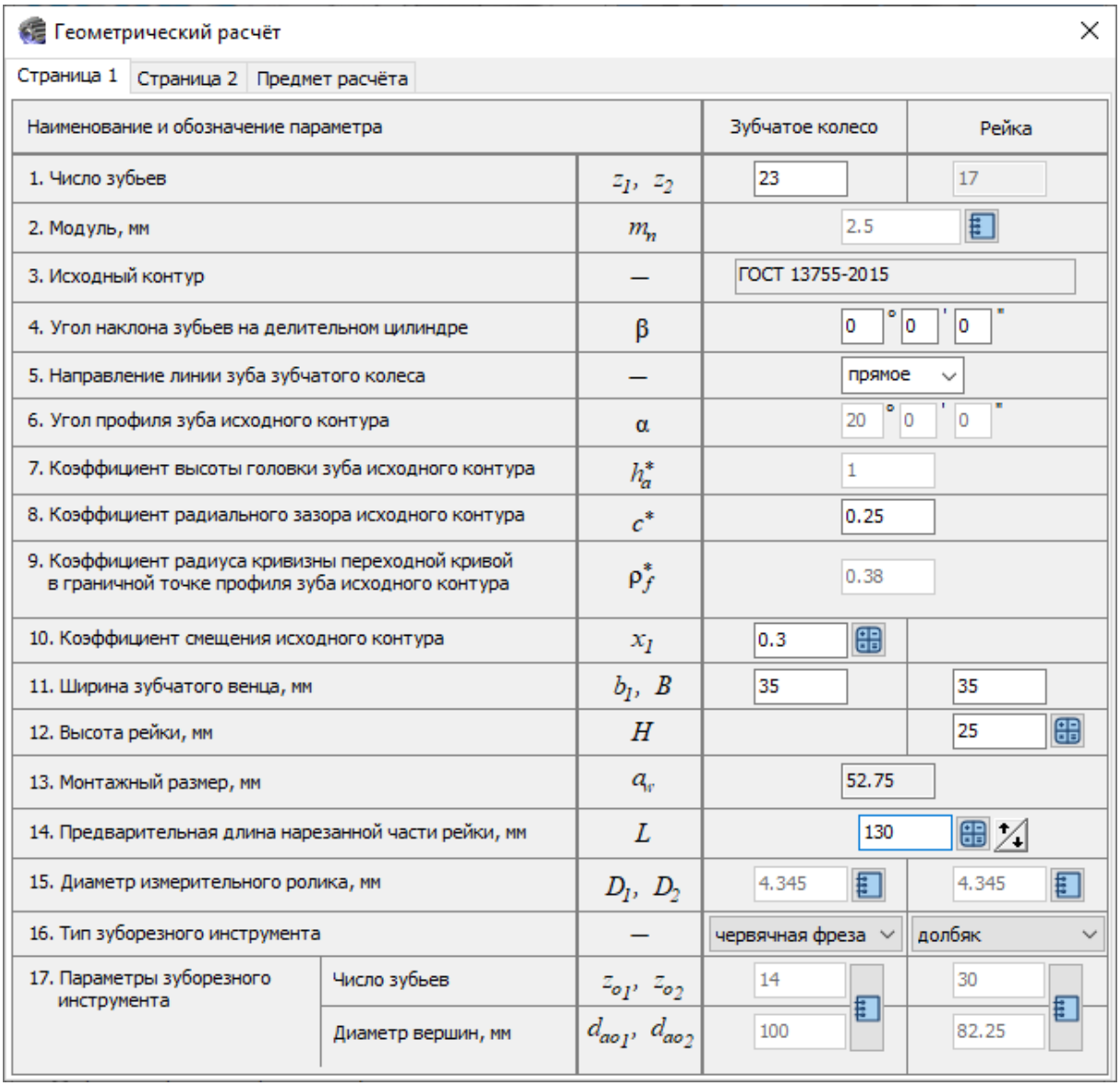
Описание расчета

Целями выполнения геометрического расчета реечной цилиндрической зубчатой передачи расчета являются:

- определение основных параметров зубчатого колеса и рейки;
- проверка качества зацепления по геометрическим показателям.

Поля ввода исходных данных располагаются на двух страницах. Переход на вторую страницу и выполнение расчета возможно только после ввода всех данных на первой странице. Страница ***Предмет расчета*** предназначена для ввода описательной информации о расчете.

Введите данные на ***Странице 1***.



Особенности ввода некоторых данных:

- **число зубьев рейки**;

  Определяется автоматически в зависимости от длины рейки.

- **модуль**;

  Значения модуля стандартизованы. Чтобы выбрать модуль, нажмите кнопку ***Выбор модуля***, расположенную справа от поля ***Модуль***, и выполните необходимые действия в открывшемся окне ***Выбор модуля и исходного контура***[107]. Значение модуля появится в соответствующем поле ввода, информация об исходном контуре – в поле ***Исходный контур***.

- **параметры стандартного исходного контура**;

  Поля, соответствующие параметрам исходного контура,

- ***Угол профиля зуба исходного контура***,
- ***Коэффициента высоты головки зуба исходного контура***,
- ***Коэффициента радиального зазора исходного контура***,
- ***Коэффициента радиуса кривизны переходной кривой в граничной точке профиля зуба исходного контура***

будут заполнены автоматически. Значения параметров будут зависеть от выбранного модуля и стандарта на исходный контур. Некоторые значения доступны для редактирования. Если навести курсор на поле ввода редактируемого значения, появится подсказка, в которой указан диапазон возможных значений.

коэффициент смещения исходного контура;

Если число зубьев колеса больше 30, значение коэффициента равно 0.

Если число зубьев колеса меньше 30, то для расчета коэффициента нажмите кнопку . Значение появится в поле ввода.

Подробная информация о коэффициенте смещения исходного контура приведена в ГОСТ 16532–70 «Передачи зубчатые цилиндрические эвольвентные внешнего зацепления. Расчет геометрии». Приложение 2.

В случае необходимости значение коэффициента смещения исходного контура можно ввести вручную.

высота рейки;

Для варианта расчета ***По монтажному размеру, модулю и числу зубьев зубчатого колеса*** значение высоты рейки вычисляется автоматически в зависимости от параметров передачи. Возможные значения модуля при рассчитанном значении высоты рейки приведены в информационной области.

$$a_w = m_n\left(\frac{z_1}{2\cos\beta} + 2x_1 - h_a^*\right) + H$$

при заданных исходных данных

при $H = \left(16.5 - 2x_1 + h_a^*\right)\cdot m_n$ $m_n \approx 2.06$,

при $H = \left(17.5 - 2x_1 + h_a^*\right)\cdot m_n$ $m_n \approx 2$,

при $H = \left(18.5 - 2x_1 + h_a^*\right)\cdot m_n$ $m_n \approx 1.94$

Для варианта расчета ***По модулю, числу зубьев зубчатого колеса и высоте рейки*** значение высоты рейки задается.

монтажный размер;

Для варианта расчета ***По монтажному размеру, модулю и числу зубьев зубчатого колеса*** значение монтажного размера ***aw*** задается. Затем по формуле, отображаемой в информационной области, рассчитывается высота рейки ***H***. Возможные значения модуля при рассчитанном значении высоты рейки также приведены в информационной области.

$$a_w = m_n\left(\frac{z_1}{2\cos\beta} + 2x_1 - h_a^*\right) + H$$

при заданных исходных данных

при $H = \left(16.5 - 2x_1 + h_a^*\right)\cdot m_n$ $m_n \approx 2.06$,

при $H = \left(17.5 - 2x_1 + h_a^*\right)\cdot m_n$ $m_n \approx 2$,

при $H = \left(18.5 - 2x_1 + h_a^*\right)\cdot m_n$ $m_n \approx 1.94$

Для варианта расчета ***По модулю, числу зубьев зубчатого колеса и высоте рейки*** значение монтажного размера ***aw*** вычисляется автоматически в зависимости от параметров передачи.

$$a_w = m_n\left(\frac{z_1}{2\cos\beta} + 2x_1 - h_a^*\right) + H$$

- **предварительная длина нарезанной части рейки**;

  Значение параметра вводится вручную. После вычисления числа зубьев рейки, длину рейки можно пересчитать с учетом кратности шага рейки. Для пересчета длины нажмите кнопку ***Пересчитать до ближайшего значения, кратного шагу рейки***.
  При необходимости длину рейки можно увеличить или уменьшить на величину одного зуба кратно шагу. Для этого воспользуйтесь кнопкой ***Увеличить/Уменьшить длину рейки на 1 зуб кратно шагу***.

- **диаметр измерительного ролика**;

  Для контроля толщины зуба у прямозубых колес используются ролики.
  По умолчанию в полях ввода отображается рекомендованное значение диаметра. Чтобы выбрать другой диаметр, нажмите кнопку ***Подбор диаметра***, расположенную справа от полей ***Диаметр измерительного ролика***. Порядок работы при этом будет таким же, как и при выборе диаметра 378 измерительного ролика (шарика) для цилиндрической шестерни внешнего зацепления.
  Чтобы вернуться к рекомендованному значению, нажмите клавишу ***<F10>***.

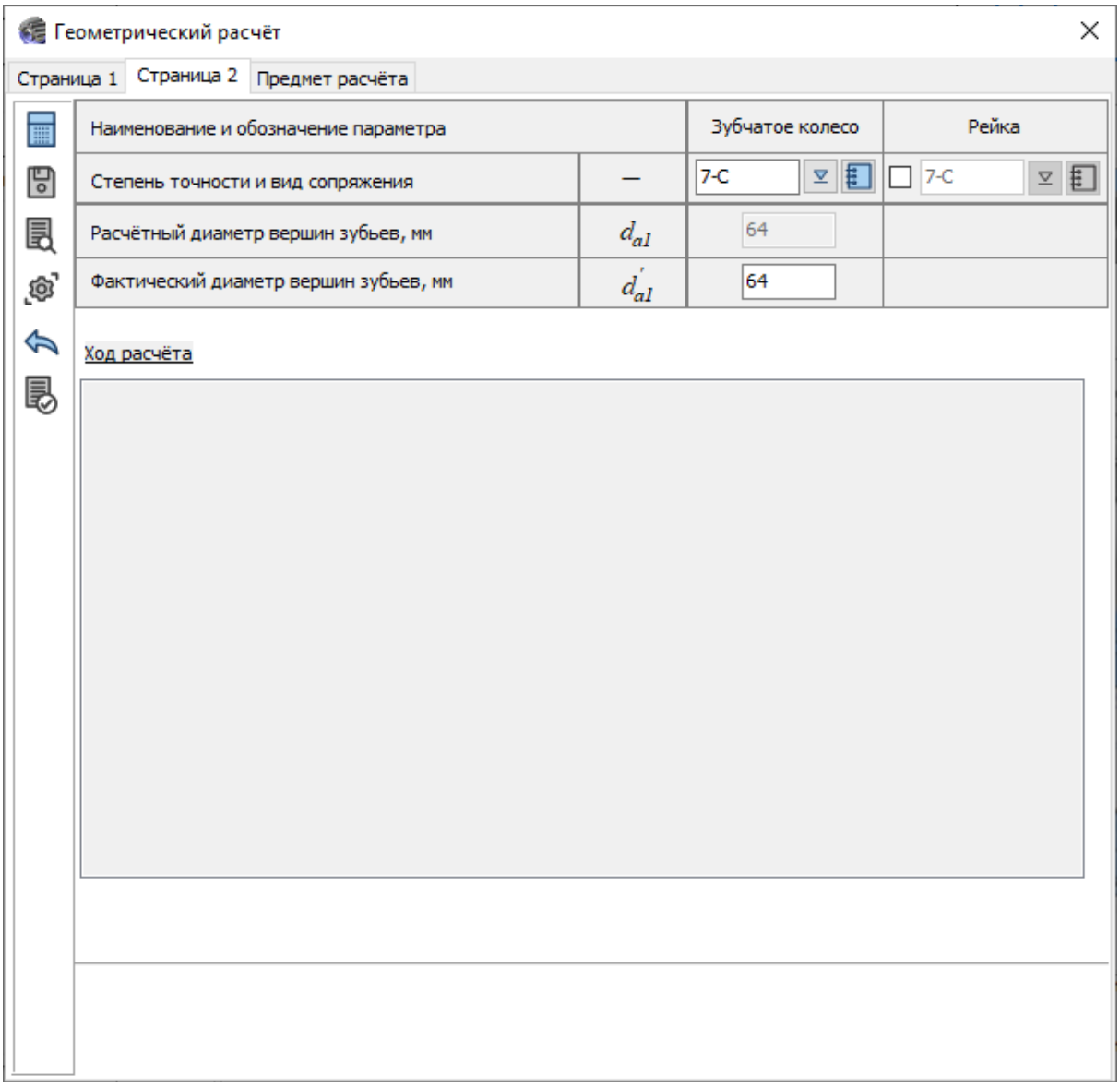
- **тип зуборезного инструмента**;

  Выбор типа зуборезного инструмента осуществляется из раскрывающегося списка возможных значений.
  В случае выбора вариантов ***долбяк***, ***червячная фреза***, ***дисковая фреза*** потребуется выбрать параметры зуборезного инструмента.

- **параметры зуборезного инструмента**.

  Выбор параметров зуборезного инструмента (долбяка 369, червячной фрезы 372, дисковой фрезы 375) осуществляется в специальных диалогах, которые открываются после нажатия кнопки ***Выбор (тип инструмента)***.

Введите данные на ***Странице 2***.



Особенности ввода степеней точности.

- **Крупномодульные передачи**.

1. Согласно ГОСТ 10242-81 «Основные нормы взаимозаменяемости. Передачи зубчатые реечные. Допуски» для зубчатых реечных передач, состоящих из цилиндрического прямозубого или косозубого зубчатого колеса и рейки с исходнымконтуром по ГОСТ 13755-81, устанавливаются двенадцать степеней точности зубчатых реек и реечных передач, обозначаемых в порядке убывания точности цифрами **1**, **2**, **3**, **4**, **5**, **6**, **7**, **8**, **9**, **10**, **11**, **12**.
2. Для каждой степени точности устанавливаются нормы кинематической точности, плавности работы и контакта зубьев в реечной передаче.

3. Допускается комбинирование различных степеней точности и норм кинематической точности, плавности работы и контакта зубьев зубчатых реек и передач разных степеней точности.

   При комбинировании норм разных степеней точности нормы плавности работы реек могут быть не более чем на две степени точнее или на одну степень грубее норм кинематической точности.

   Нормы контакта зубьев реек не могут быть грубее норм плавности работы зубчатых реек.

   Точность зубчатых колес реечных передач по нормам плавности не должна быть грубее степеней точности реек по соответствующим нормам.

4. Устанавливаются шесть видов сопряжений в реечной передаче – **A**, **B**, **C**, **D**, **E**, **H** и пять видов допуска на боковой зазор $\mathbf{T_{jn}}$– **a**, **b**, **c**, **d**, **h**. Значения приведены в порядке убывания величины бокового зазора и допуска на него.

   Виды сопряжений зубчатых реек и передач по степеням точности приведены в таблице.

Вид сопряжений	A	B	C	D	E	H
Степень точности передач	3 – 12	3 – 10	3 – 9	3 – 8	3 – 7	3 – 7

5. Видам сопряжений **A**, **B**, **C**, **D** соответствуют виды допуска на боковой зазор **a**, **b**, **c**, **d** соответственно, а видам сопряжений **H** и **E** – вид допуска на боковой зазор **h**.

   Соответствие между видом сопряжений зубчатых колес в передаче и видом допуска на боковой зазор можно изменять; также могут быть использованы виды допусков **x**, **y**, **z**.

6. Точность изготовления зубчатых реек и передач задается степенью точности, а требования к боковому зазору – видом сопряжения по нормам бокового зазора и видом допуска на боковой зазор.

Мелкомодульные передачи.

1. Согласно ГОСТ 13506-81 «Основные нормы взаимозаменяемости. Передачи зубчатые реечные мелкомодульные. Допуски» устанавливаются двенадцать степеней точности зубчатых реек и реечных передач, обозначаемых в порядке убывания точности цифрами **1**, **2**, **3**, **4**, **5**, **6**, **7**, **8**, **9**, **10**, **11**, **12**.

2. Для каждой степени точности устанавливаются нормы кинематической точности, плавности работы и контакта зубьев в реечной передаче.

3. Допускается комбинирование различных степеней точности и норм кинематической точности, плавности работы и контакта зубьев зубчатых реек и передач разных степеней точности.

   При комбинировании норм разных степеней точности нормы плавности работы реек могут быть не более чем на одну степень точнее или на одну степень грубее норм кинематической точности.

   Нормы контакта зубьев реек могут назначаться по любым степеням более точным и не более чем на одну степень точности грубее норм плавности работы зубчатых реек.

Точность зубчатых колес реечных передач по нормам плавности не должна быть грубее степеней точности реек по соответствующим нормам.

4. Для передач с нерегулируемым или регулируемым монтажным размером устанавливается пять видов сопряжений в реечной передаче – **D**, **E**, **F**, **G**, **H** и четыре вида допуска на боковой зазор – **e**, **f**, **g**, **h**. Значения приведены в порядке убывания величины бокового зазора и допуска на него.

   Виды сопряжений в реечной передаче в зависимости от степени точности по нормам плавности работы приведены в таблице.

Вид сопряжений	**D, E**		**F**	**G**	**H**
Модуль m, мм	от 0,1 до 0,5	св. 0,5 до <1,0	от 0,1 до <1,0		
Степень точности по нормам плавности работы	3 – 10	3 – 12	3 – 10	3 – 8	3 – 7

5. Видам сопряжений **D** и **E** соответствует вид допуска на боковой зазор **e**, а видам сопряжения **F**, **G**, **H –** виды допусков **f**, **g**, **h** соответственно.

   Соответствие между видом сопряжений в реечной передаче и видом допуска на боковой зазор можно изменять.

6. Точность изготовления зубчатых реек и передач задается степенью точности, а требования к боковому зазору – видом сопряжения по нормам бокового зазора.

Чтобы для рейки назначить степень точности, отличную от зубчатого колеса, включите опцию, расположенную слева от поля ввода степени точности рейки.

- **выбор степени точности, вида сопряжения зубчатых колес и вида допуска на боковой зазор в зубчатой передаче**;

  Чтобы ознакомится с показателями, характеризующими степень точности, либо назначить степень точности, отличную от базовой, нажмите кнопку  ***Выбор степени точности, вида сопряжения зубчатых колес и вида допуска на боковой зазор в зубчатой передаче***, расположенную справа от поля ***Степень точности и вид сопряжения***, и выполните необходимые действия в открывшемся окне ***Выбор степени точности, вида сопряжения зубчатых колес и вида допуска на боковой зазор***366.

- **Фактический диаметр вершин зубьев**.

  Фактический диаметр вершин зубьев может быть равен, меньше или больше номинального (расчетного) диаметра.
  Максимальный фактический диаметр может быть больше номинального на величину, рассчитанную по формуле 2 * (c - 0,1) * m_n.
  Увеличенный диаметр позволяет увеличить коэффициент перекрытия. При этом нужно контролировать критерии качества зацепления – интерференцию и заострение зубьев.

Для управления расчетом и данными используйте кнопки инструментальной панели.

Во время выполнения расчета происходит диагностика рассчитываемой передачи по различным критериям и показателям. Результаты диагностики отображаются в области ***Ход расчета***. Если

диагностируемые параметры удовлетворительны, результаты диагностики выделены зеленым цветом. Если неудовлетворительны – красным.
Чтобы получить информационное сообщение с рекомендациями по исправлению ошибок, наведите курсор мыши на неудовлетворительный результат диагностики.
Основной вывод по итогам диагностики передачи приведен в нижней части окна.

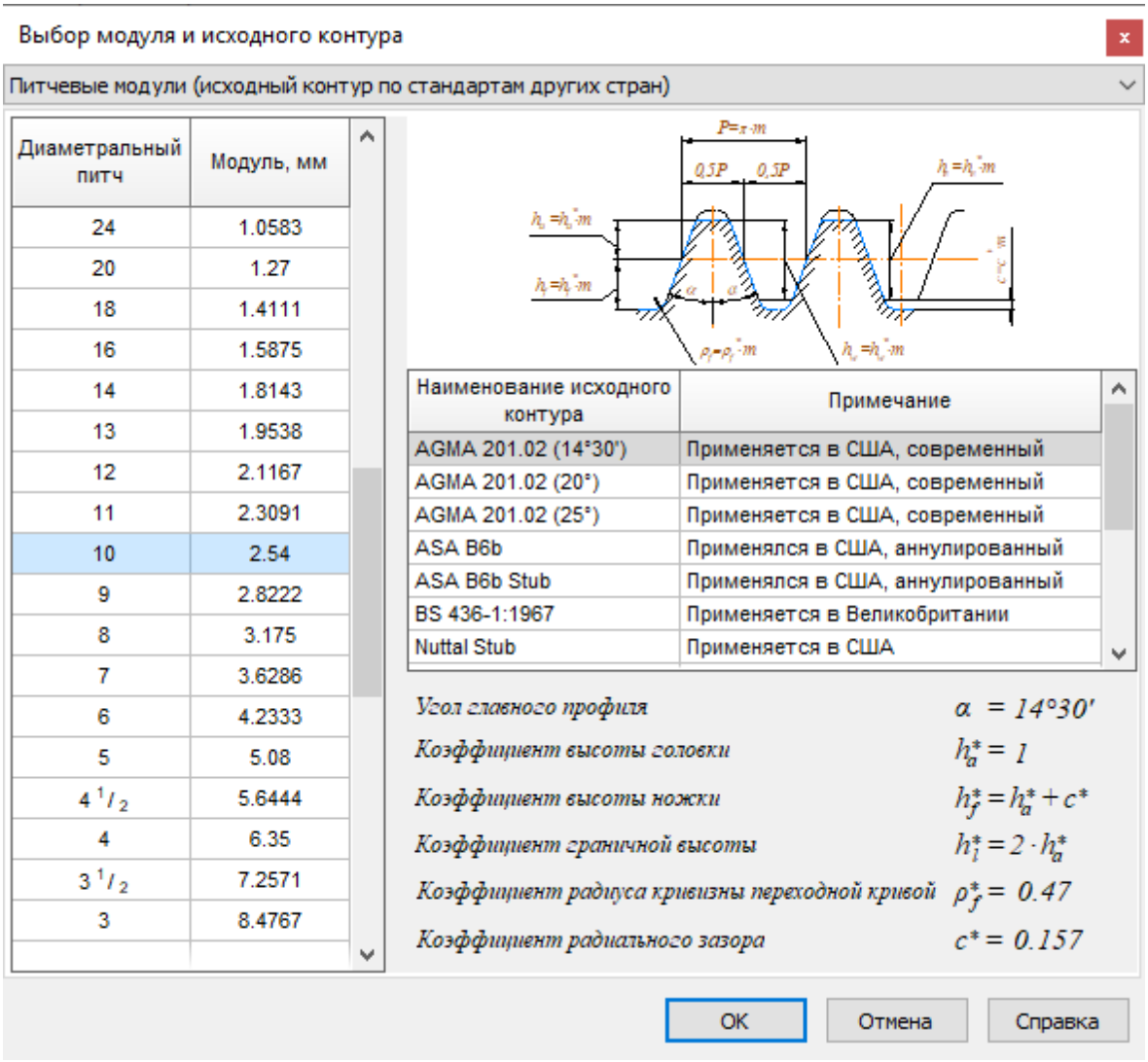
После выполнения расчета передачи можно визуализировать работу 380 зацепления. Для этого нажмите на панели инструментов кнопку  ***Визуализация зацепления*** и выполните необходимые действия в открывшемся окне.



При нарушении показателей качества зацепления могут возникнуть сложности при генерации 3D-модели.

Выбор модуля

Выбор модуля реечной цилиндрической зубчатой передачи осуществляется в диалоге ***Выбор модуля и исходного контура***, который открывается после нажатия кнопки  ***Выбор модуля***, находящейся в окне ***Геометрический расчет***.



В верхней части окна находится раскрывающийся список, в котором перечислены варианты, доступные для выбора:

- крупномодульные передачи с исходным контуром по ГОСТ 13755-2015;
- мелкомодульные передачи с исходным контуром по ГОСТ 9587-81;
- крупномодульные высоконапряженные передачи с исходным контуром по ГОСТ Р 50531-93;
- метрические модули (исходный контур по стандартам других стран);
- питчевые модули (исходный контур по стандартам других стран);
- двойной диаметральный (дробный) питч по стандарту фирмы Феллоу (USA);
- нестандартный модуль или (и) нестандартный исходный контур.

1. Выберите из списка нужный стандарт. В левой части окна будет показан список возможных значений модуля. В правой части приведены:
   - список исходных контуров, доступных для выбора (для некоторых стандартов);
   - рекомендации по применению (для некоторых стандартов);

- изображение исходного контура со всеми параметрами;
- справочная информация об исходном контуре, в том числе:
  - *коэффициент высоты головки зуба*,
  - *коэффициент радиального зазора*,
  - *коэффициент радиуса кривизны переходной кривой.*

2. Щелчком мыши выберите значение модуля. В некоторых случаях вам потребуется выбрать исходный контур.

   Если вы выбрали вариант ***Нестандартный модуль или (и) нестандартный исходный контур***, введите в поле ***Модуль*** значение модуля и выберите в списке возможных значений ***Исходный контур*** стандарт на исходный контур либо вариант ***Нестандартный***.

3. Нажмите кнопку ***ОК***. Значение модуля появится в поле ***Модуль***, значения параметров исходного контура – в соответствующих полях ввода. Если вы выбрали нестандартный исходный контур, введите значения его параметров в соответствующих полях.

Расчет на прочность

При разработке методик расчетов были использованы следующие источники информации:

- Гинзбург Е.Г., Голованов Н.Ф., Фирун Н.Б., Халебский Н.Т. «Зубчатые передачи. Справочник», 1980 г., стр. 73-77;
- Литвин Ф.Л. «Справочник конструктора точного приборостроения», 1964, стр. 735;
- СТП 529.13.004-84, (г. Кимры, Савеловский машиностроительный завод);
- ГОСТ 10242-81 «Основные нормы взаимозаменяемости. Передачи зубчатые реечные. Допуски»;
- ГОСТ 13506-81 «Основные нормы взаимозаменяемости. Передачи зубчатые реечные мелкомодульные. Допуски»;
- ГОСТ 2.404-75.ГОСТ 2.404-75 «Единая система конструкторской документации. Правила выполнения чертежей зубчатых реек».

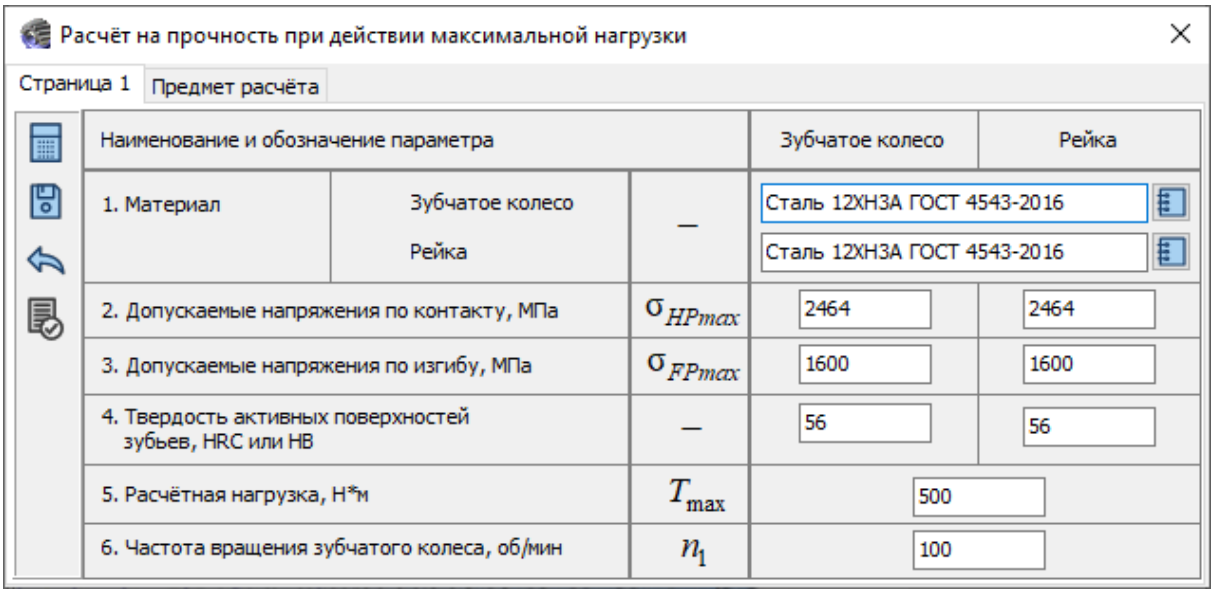
Описание расчета на прочность 109.

Описание расчета

Цель выполнения расчета на прочность – определение коэффициента запаса по контактным напряжениям и напряжениям изгиба.

Поля ввода исходных данных располагаются на ***Странице 1***.
Данные на странице ***Предмет расчета*** (описательная информация о расчете) постоянны для всех расчетов передачи (геометрия, прочность, долговечность).

Введите исходные данные на ***Странице 1***.



Особенности ввода некоторых данных:

- **материал зубчатого колеса и рейки**;

  Введите значение вручную или нажмите кнопку . Загрузится *Модуль выбора материалов*, с помощью которого вы сможете выбрать материал зубчатого колеса и определить механические свойства этого материала.

- **допускаемые напряжения по контакту** $\sigma_{HP\,max}$;

  Значение определяется автоматически, если материал был выбран из *Модуля материалов*.

  Для зубьев, подвергнутых нормализации, улучшению или закалке:

  $$\sigma_{HP\,max} = 2{,}8\sigma_T,$$

  где σ_T - предел текучести материала при растяжении, МПа.

  Для зубьев цементованных:

  $$\sigma_{HP\,max} = 40H_{HRC},$$

  где H_{HRC} - твердость поверхности зуба в единицах Роквелла.

  Для зубьев азотированных:

  $$\sigma_{HP\,max} = 3H_{HV},$$

  где H_{HV} - твердость поверхности зуба в единицах Виккерса.

- **допускаемые напряжения по изгибу** σ_{FPM};

  Значение определяется автоматически, если материал был выбран из *Модуля материалов*.

  Для легированных и углеродистых сталей при нормализации или улучшении:

  $$\sigma_{FPM} = \frac{\sigma_{F\,lim\,M}}{S_{FM}} = \frac{4{,}8H_{HB}}{1{,}75},$$

  где H_{HB} - твердость поверхности зуба в единицах Бринелля.

Для легированных сталей, содержащих никель более 1%, при цементации:

$$\sigma_{FPM} = \frac{\sigma_{F\,lim\,M}}{S_{FM}} = \frac{2650}{1,75} = 1514,3\,МПа$$

- **твердость активных поверхностей зубьев**;

  Значение определяется автоматически, если выбор материала был осуществлен из *Модуля материалов*.

- **расчетная нагрузка**.

  Задается на ведущем колесе.

Для управления расчетом и данными используйте кнопки инструментальной панели.

После выполнения расчета его результаты будут представлены в виде отчета и показаны в окне ***Результаты расчета***.

Расчет на долговечность

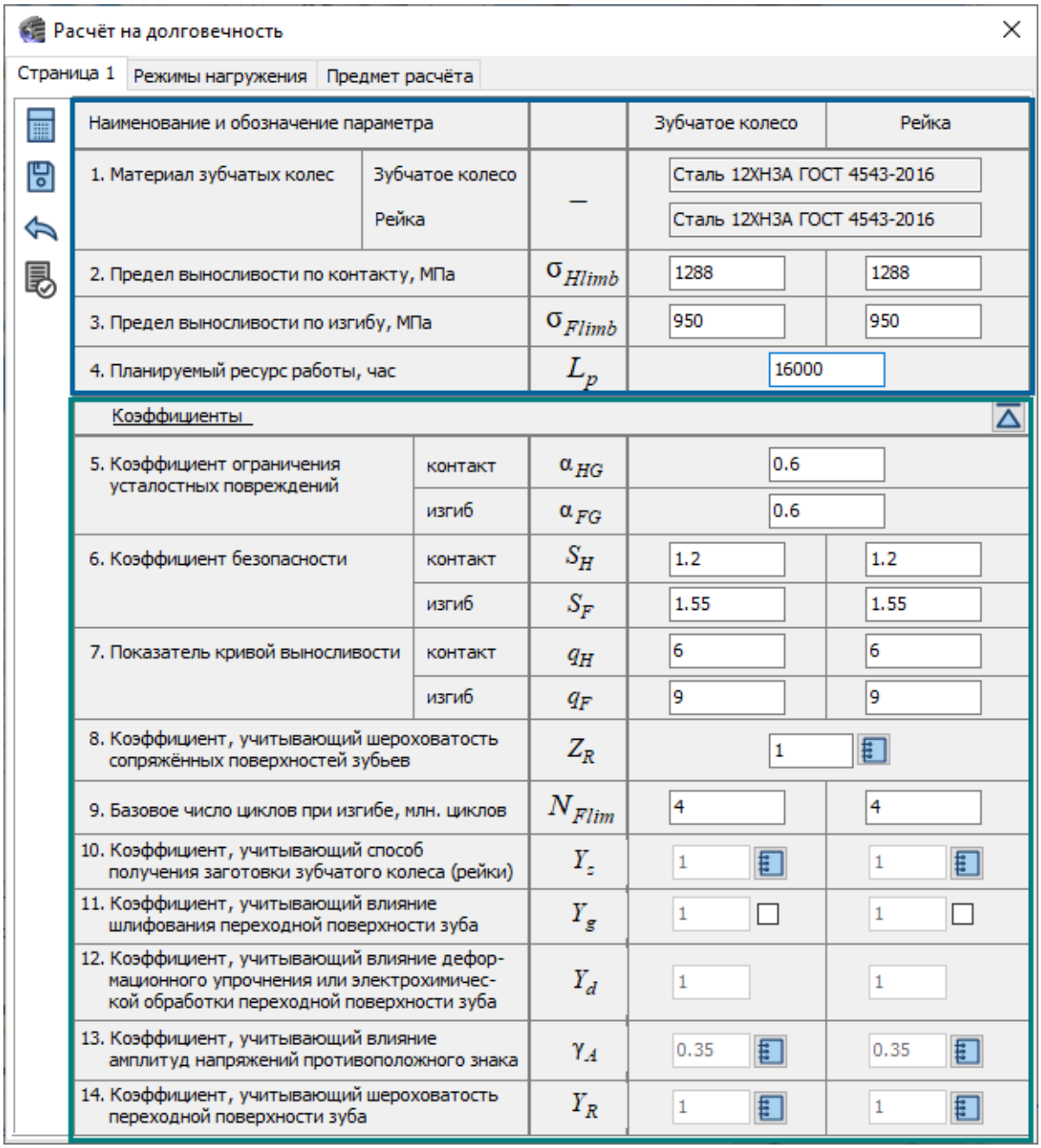
Цель проведения расчета элементов передачи на долговечность – определение контактной долговечности и долговечности при изгибе (т. е. определяется ресурс в часах, а также эквивалентные контактные и изгибные напряжения). Расчет производится по методу эквивалентных напряжений.

Поля ввода исходных данных располагаются на двух страницах. Данные на странице ***Предмет расчета*** (описательная информация о расчете) постоянны для всех расчетов передачи (геометрия, прочность, долговечность).

Введите данные на ***Странице 1***. Страница условно разделена на две области (панели):

- ***Параметры*** – предназначена для ввода значений параметров, необходимых для расчета;
- ***Коэффициенты*** – предназначена для ввода значений коэффициентов.

По умолчанию панель ***Коэффициенты*** скрыта. Чтобы раскрыть ее, щелкните мышью по названию панели ***Коэффициенты*** или нажмите кнопку  ***Показать панель с коэффициентами***. Повторный щелчок мышью по названию панели или нажатие кнопки  ***Скрыть панель с коэффициентами*** приведет к тому, что панель ***Коэффициенты*** будет скрыта.



Особенности ввода некоторых данных на первой странице:

- **предел выносливости по контакту** σ_{Hlimb};

  Значение определяется автоматически, если материала был выбран из *Модуля материалов*.

  При НВ < 350, нормализации или улучшении:

  $$\sigma_{Hlimb} = 2H_{HB} + 70$$

  При *HRC* > *56*, цементации или нитроцементации:

$$\sigma_{H\,lim\,b} = 23\,H_{HRC}.$$

- **предел выносливости по изгибу** $\sigma^{o}_{f\,lim\,b}$;

  Значение определяется автоматически, если материала был выбран из *Модуля материалов*.

  Предел выносливости по изгибу, соответствующий базовому числу циклов перемены напряжений, принимается по таблице ГОСТ 21354-87 в зависимости от марки материала и вида термообработки.

- **коэффициент ограничения усталостных повреждений по контакту и изгибу**;

  Значение определяется автоматически, если материала был выбран из *Модуля материалов*. По умолчанию 0,6. При необходимости значение коэффициента можно изменить. Диапазон возможных значений – 0,6…0,75.

- **коэффициент запаса прочности (безопасности) по контакту SH**;

  Значение определяется автоматически, если материала был выбран из *Модуля материалов*.
  Для зубчатых колес с однородной структурой материала ***SH=1,1***. Для зубчатых колес с поверхностным упрочнением ***SH=1,2***.
  Для передач, выход из строя которых связан с тяжелыми последствиями, рекомендуется приведенные значения увеличивать до ***1,25*** и ***1,35*** соответственно.

- **коэффициент запаса прочности (безопасности) по изгибу SF**;

  Значение определяется автоматически, если материала был выбран из *Модуля материалов*.

  Коэффициент учитывает нестабильность свойств материала зубчатых колес и ответственность зубчатой передачи. Выбирается в зависимости от марки материала, способа термической и химико-термической обработки и заданной вероятности неразрушения по таблице ГОСТ 21354-87.

  Так для сталей 18ХГТ, 12Х2Н4А, 20Х2Н4А, 12ХН3А, 20ХН3А, 30ХН3А (цементация) – ***SF=1,55***, а для сталей 38ХС, 45Х, 45 (нормализация, улучшение) – ***SF=1,75***.

- **показатель кривой выносливости qH**;

  Значение определяется автоматически, если материала был выбран из *Модуля материалов*.

  Начальные значения принимаются:

  по контакту - ***qH =6***,
  по изгибу - ***qF =6*** – для колес с твердостью поверхности зубьев НВ < 350, а также для колес, закаленных при нагреве ТВЧ с обрывом закаленного слоя у переходной поверхности, и зубчатых колес со шлифованной переходной поверхностью независимо от твердости и термообработки;
  qF =9 – для колес с нешлифованной переходной поверхностью при твердости поверхности зубьев НВ > 350 и чугунных колес.

- **коэффициент, учитывающий шероховатость сопряженных поверхностей зубьев**;

Определяется по тому из сопряженных колес, зубья которого имеют более грубые поверхности, т.е. в зависимости от класса шероховатости поверхности. Для ввода значений нажмите кнопку  ***Выбор коэффициента*** и дважды щелкните мышью по нужной строке в открывшейся таблице.

По умолчанию задается 1,0.

- **базовое число циклов при изгибе**;

  По умолчанию задается ***NFO* = 4** млн. циклов.

- **коэффициент, учитывающий способ получения заготовки зубчатого колеса (рейки)**;

  Для ввода значений нажмите кнопку  ***Выбор коэффициента*** и дважды щелкните мышью по нужной строке в открывшейся таблице.

- **коэффициент, учитывающий влияние шлифования переходной поверхности зуба**;

  Чтобы учитывать этот коэффициент для шестерни и (или) колеса, включите опции, расположенные справа от полей ввода.

  Значения коэффициента задаются в зависимости от способа термической или химико-термической обработки по таблицам, приведенным в ГОСТ 21354-87 «Передачи зубчатые цилиндрические эвольвентные внешнего зацепления. Расчет на прочность». Для зубчатых колес с нешлифованной переходной поверхностью зубьев коэффициент принимают равным 1.

- **коэффициент, учитывающий влияние деформационного упрочнения или электрохимической обработки переходной поверхности зуба**;

  Значения коэффициента задаются в зависимости от способа термической или химико-термической обработки по таблицам, приведенным в ГОСТ 21354-87 «Передачи зубчатые цилиндрические эвольвентные внешнего зацепления. Расчет на прочность». Для зубчатых колес без деформационного упрочнения или электрохимической обработки переходной поверхности коэффициент принимают равными 1.

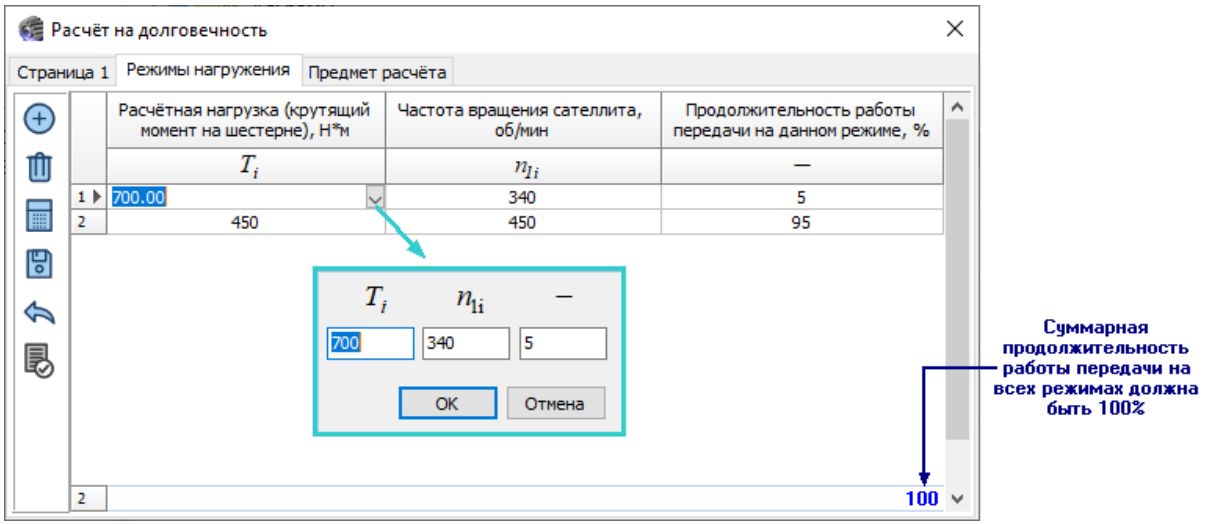
- **коэффициент, учитывающий влияние амплитуд напряжений противоположного знака**;

  Если элементы передачи испытывают знакопеременную нагрузку, то при расчете необходимо ввести коэффициент, значение которого определяется автоматически, в зависимости от свойств материала. Для ввода значений коэффициента нажмите кнопку  ***Выбор коэффициента*** и дважды щелкните мышью по нужной строке в открывшейся таблице.

- **коэффициент, учитывающий шероховатость переходной поверхности зуба**.

  Для ввода значений коэффициента нажмите кнопку  ***Выбор коэффициента*** и дважды щелкните мышью по нужной строке в открывшейся таблице.

Введите данные на странице ***Режимы нагружения***.



Особенности ввода некоторых данных: исходная нагрузка для «контакта» и «изгиба» вводится отдельно, но по умолчанию принимается равной.

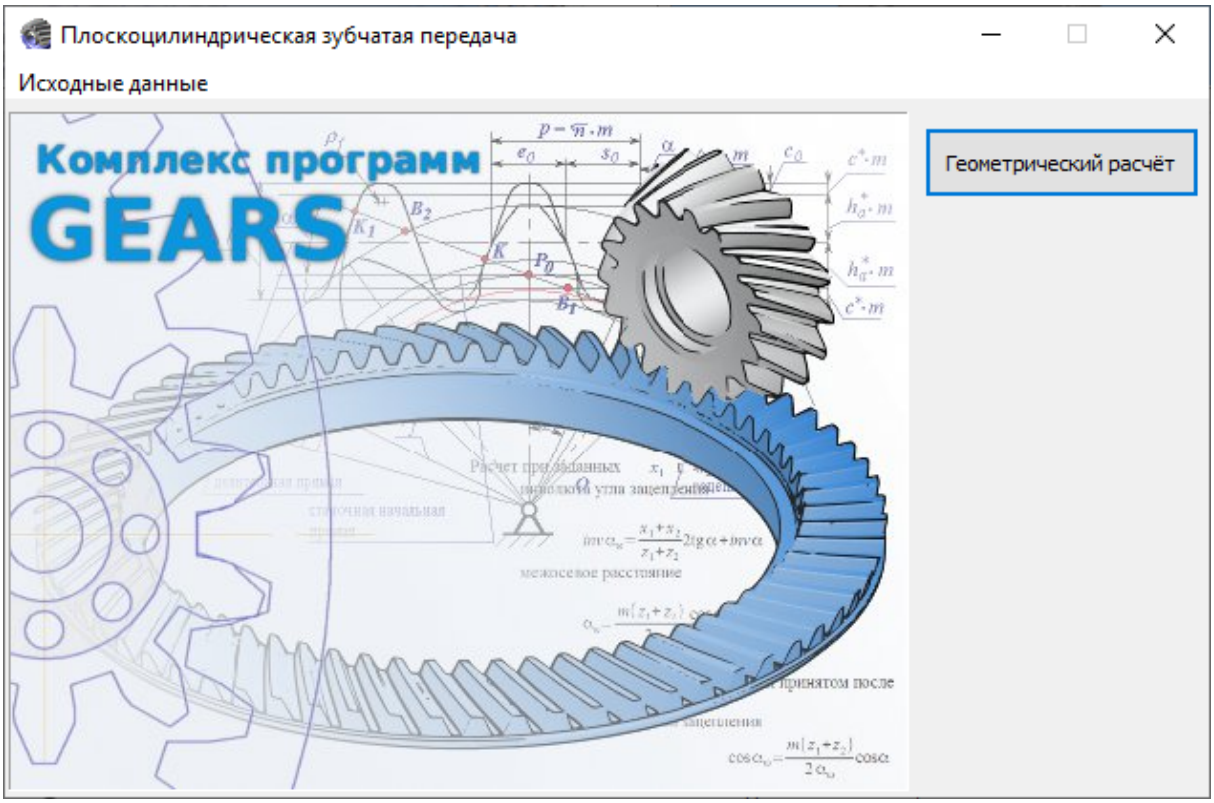
Для управления списком режимов нагружения используйте кнопки панели инструментов.
Чтобы ввести или отредактировать значения параметров режима нагружения, выделите нужную строку и щелкните левой клавишей мыши в ячейке с любым параметром. В правой части ячейки появится кнопка с треугольником. Нажмите ее и введите значения параметров режима нагружения в открывшемся окне.

После выполнения расчета его результаты будут представлены в виде отчета и показаны в окне ***Результаты расчета***.

В ряде случаев в отчете с результатами расчета могут отображаться значения ресурса по контакту и изгибу равные «999999». Это означает, что ресурс передачи практически бесконечен. Как правило, такой результат является следствием несущественных значений эквивалентных напряжений. Подробная информация о коэффициентах ограничения усталостных повреждений содержится в ГОСТ 21354-87 на странице 66 (Приложение 3 «Методы учета нагрузок, изменяющихся во времени», пункт 3 «Метод эквивалентных напряжений»).

Плоскоцилиндрические зубчатые передачи

Средствами модуля *КОМПАС-GEARS* может быть выполнен геометрический расчет 116 плоскоцилиндрических зубчатых передач.



Если предстоит рассчитать модель элемента механической передачи, уже созданную в системе *Валы и механические передачи 2D*, геометрические параметры этого элемента будут автоматически переданы в *Модуль расчетов механических передач*.

Линейные размеры задаются в миллиметрах, а угловые – в градусах, минутах, секундах.

Исходные данные для расчета могут быть сохранены в файле формата **.gear_crw_dat* с помощью команд строки меню ***Исходные данные*** 365 или непосредственно при выполнении расчетов. В дальнейшем сохраненные данные можно будет загружать для расчета в модуль *КОМПАС-GEARS*.

Чтобы приступить к выполнению расчета, нажмите в окне ***Плоскоцилиндрическая зубчатая передача*** кнопку, соответствующую виду расчета.

Внимание! Расчет может быть произведен, если на компьютере установлен Дополнительный комплект 9 **системы *Валы и механические передачи 2D*.**

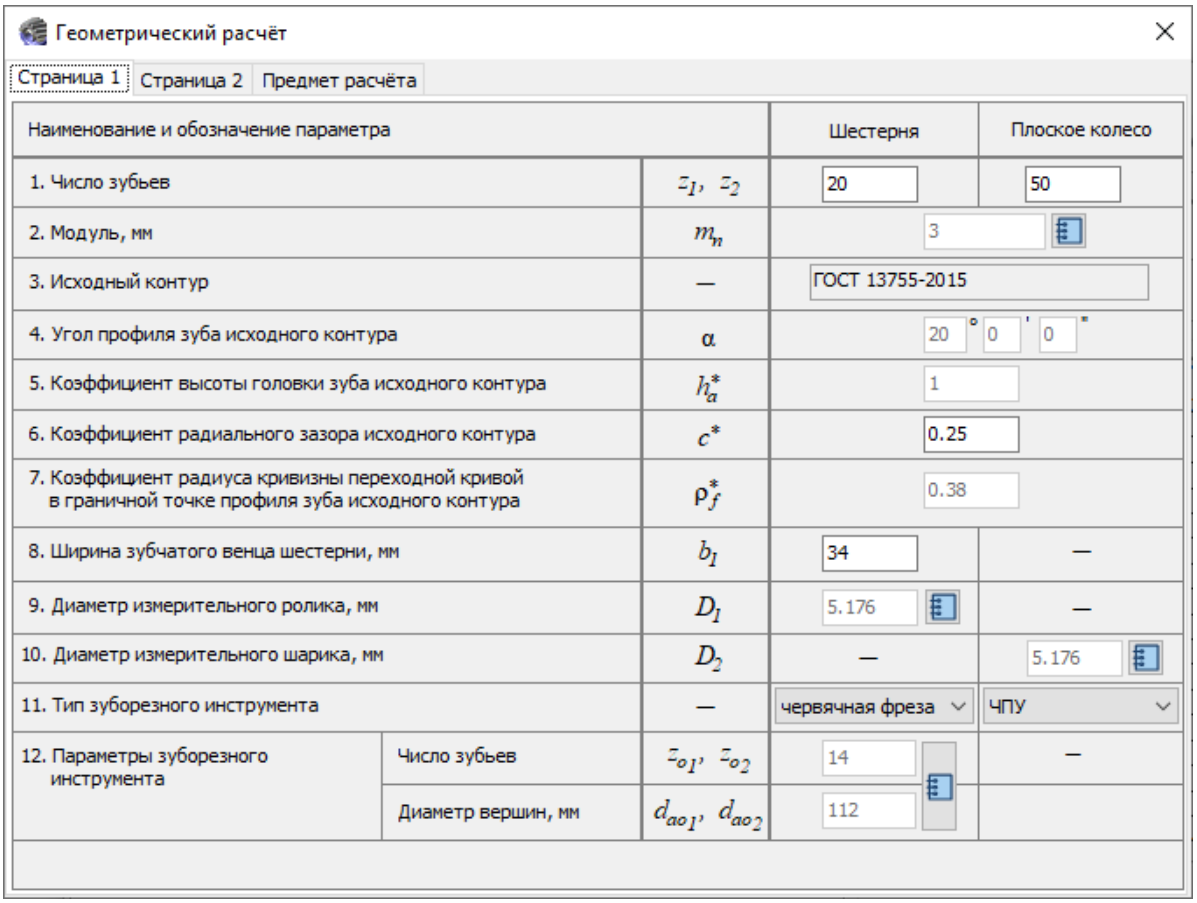
Геометрический расчет

Цели выполнения геометрического расчета:

- определение основных параметров передачи;
- определение размеров для контроля.

Поля ввода исходных данных располагаются на двух страницах. Переход на вторую страницу и выполнение расчета возможно только после ввода всех данных на первой странице.

Введите данные на ***Странице 1***.



Особенности ввода некоторых данных:

- **модуль**;

  Значения модуля стандартизованы. Чтобы выбрать модуль, нажмите кнопку ***Выбор модуля***, расположенную справа от поля ***Модуль***, и выполните необходимые действия в открывшемся окне ***Выбор модуля и исходного контура***[121]. Значение модуля появится в соответствующем поле ввода, информация об исходном контуре – в поле ***Исходный контур***.

- **параметры стандартного исходного контура**;

  Поля, соответствующие параметрам исходного контура,

  - ***Угол профиля зуба исходного контура***,
  - ***Коэффициента высоты головки зуба исходного контура***,
  - ***Коэффициента радиального зазора исходного контура***,
  - ***Коэффициента радиуса кривизны переходной кривой в граничной точке профиля зуба исходного контура***

  будут заполнены автоматически. Значения параметров будут зависеть от выбранного модуля и стандарта на исходный контур. Некоторые значения доступны для редактирования. Если навести курсор на поле ввода редактируемого значения, появится подсказка, в которой указан диапазон его возможных значений.

- **диаметр измерительного ролика (шарика)**;

Для контроля толщины зуба используются ролики и шарики.
По умолчанию в полях ввода отображается рекомендованное значение диаметра. Чтобы выбрать 378 другой диаметр, нажмите кнопку ***Подбор диаметра***, расположенную справа от полей ***Диаметр измерительного ролика (шарика)***.
Чтобы вернуться к рекомендованному значению, нажмите клавишу ***<F10>***.

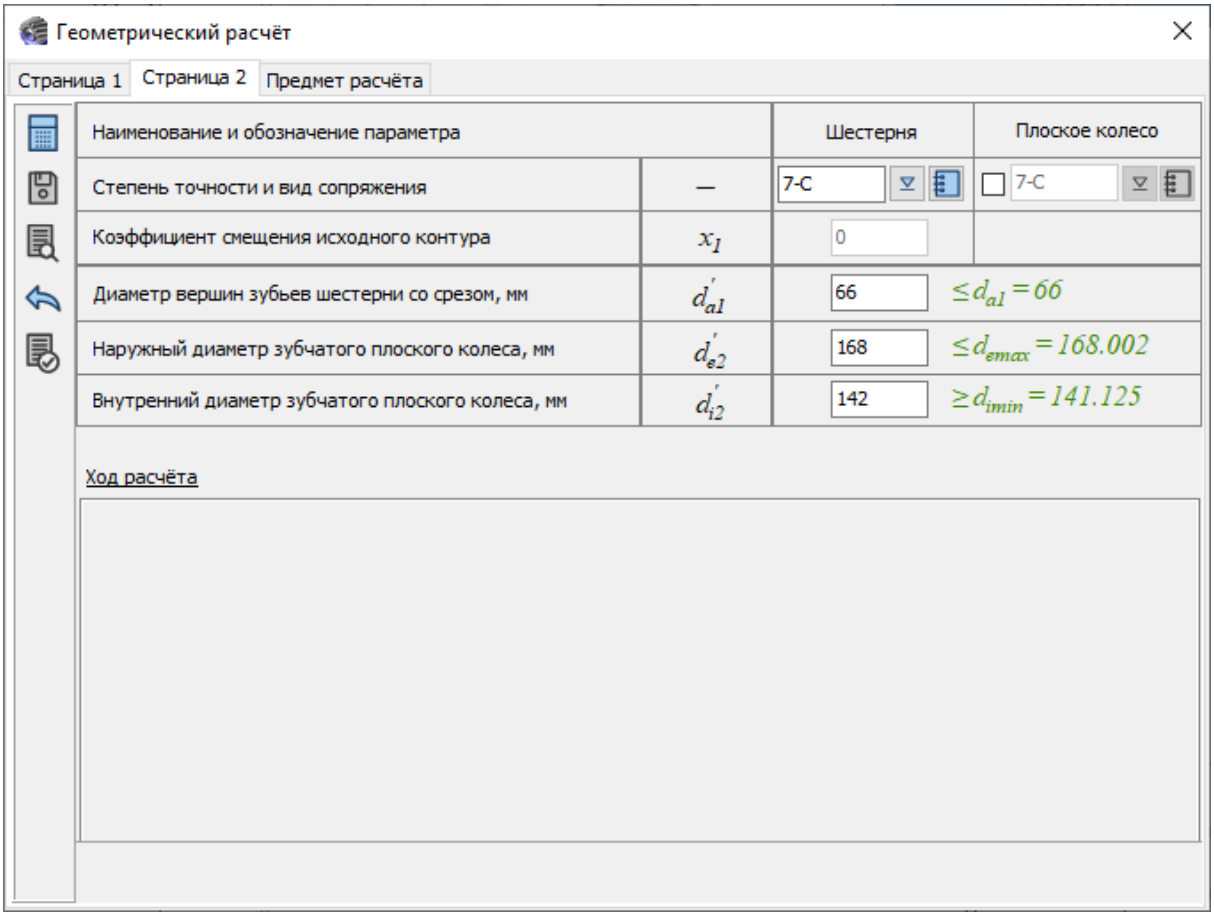
- **тип зуборезного инструмента**;

  Выбор типа зуборезного инструмента осуществляется из раскрывающегося списка возможных значений.
  В случае выбора вариантов ***долбяк***, ***червячная фреза***, ***дисковая фреза*** потребуется выбрать параметры зуборезного инструмента.

- **параметры зуборезного инструмента**.

  Выбор параметров зуборезного инструмента (долбяка 369, червячной фрезы 372, дисковой фрезы 375) осуществляется в специальных диалогах, которые открываются после нажатия кнопки ***Выбор (тип инструмента)***.

Введите данные на ***Странице 2***.



Особенности ввода некоторых данных:

- **Степень точности** плоскоцилиндрических зубчатых передач назначается так же, как и степень точности цилиндрических зубчатых передач.

Крупномодульные передачи.

При назначении степени точности крупномодульных цилиндрических зубчатых передач необходимо руководствоваться следующими положениями.

1. Согласно ГОСТ 1643-81 «Основные нормы взаимозаменяемости. Передачи зубчатые цилиндрические. Допуски» для цилиндрических зубчатых передач внешнего и внутреннего зацепления с прямозубыми, косозубыми и шевронными зубчатыми колесами устанавливаются двенадцать степеней точности зубчатых колес и передач, обозначаемых в порядке убывания точности цифрами **1**, **2**, **3**, **4**, **5**, **6**, **7**, **8**, **9**, **10**, **11**, **12**.
2. Для каждой степени точности устанавливаются нормы кинематической точности, плавности работы и контакта зубчатых колес в передаче.
3. Допускается комбинирование различных степеней точности и норм кинематической точности, плавности работы и контакта зубчатых колес.

   При комбинировании необходимо соблюдать следующие условия:
   - нормы плавности работы могут быть точнее (не более чем на две степени точности) или грубее (не более чем на одну степень точности) норм кинематической точности;
   - нормы контакта зубчатых колес могут назначаться по любым более точным степеням, а также на одну степень грубее, чем нормы плавности работы зубчатых колес и передач.
4. Устанавливаются шесть видов сопряжений зубчатых колес – **A**, **B**, **C**, **D**, **E**, **H** и восемь видов допуска на боковой зазор – **x**, **y**, **z**, **a**, **b**, **c**, **d**, **h**. Значения приведены в порядке убывания величины бокового зазора и допуска на него.

   Виды сопряжений зубчатых колес в передаче в зависимости от степени точности по нормам плавности работы приведены в таблице.

Вид сопряжений	A	B	C	D	E	H
Степень точности по нормам плавности работы	3 – 12	3 – 11	3 – 9	3 – 8	3 – 7	3 – 7

5. Видам сопряжений **A**, **B**, **C**, **D** соответствуют виды допуска на боковой зазор **a**, **b**, **c**, **d** соответственно, а видам сопряжений **H** и **E** – вид допуска на боковой зазор **h**.

   Соответствие между видом сопряжений зубчатых колес в передаче и видом допуска на боковой зазор можно изменять; также могут быть использованы виды допусков **x**, **y**, **z**.
6. Точность изготовления зубчатых колес и передач задается степенью точности, а требования к боковому зазору – видом сопряжения по нормам бокового зазора.

Примеры условного обозначения точности цилиндрической передачи:

7 – C

Такая запись означает, что зубчатая передача имеет степень точности **7** по всем трем нормам (кинематическая точность, норма плавности работы и норма контакта), вид сопряжения - **C** и вид допуска на боковой зазор - **c**.

8 – 7 – 6 – Ba

Такая запись означает, что зубчатая передача по норме кинематической точности имеет степень точности **8**, по норме плавности работы – **7**, по норме контакта – **6**. Вид сопряжения зубчатых колес — **B**, вид допуска на боковой зазор – **a**.

Мелкомодульные передачи.

При назначении степени точности мелкомодульных цилиндрических зубчатых передач необходимо руководствоваться следующими положениями.

1. Согласно ГОСТ 9178-81 «Основные нормы взаимозаменяемости. Передачи зубчатые цилиндрические мелкомодульные» для цилиндрических зубчатых передач внешнего и внутреннего зацепления с прямозубыми и косозубыми зубчатыми колесами с модулем от 0,1 до 1,0 (исключительно) устанавливаются двенадцать степеней точности зубчатых колес и передач, обозначаемых в порядке убывания точности цифрами **1**, **2**, **3**, **4**, **5**, **6**, **7**, **8**, **9**, **10**, **11**, **12**.
2. Для каждой степени точности устанавливаются нормы кинематической точности, плавности работы и контакта зубчатых колес в передаче.
3. Допускается комбинирование различных степеней точности и норм кинематической точности, плавности работы и контакта зубчатых колес.

   При комбинировании необходимо соблюдать следующие условия:
   - нормы плавности работы могут быть на одну степень точности точнее или грубее норм кинематической точности;
   - нормы контакта зубчатых колес могут назначаться по любым более точным степеням, а также на одну степень грубее, чем нормы плавности работы зубчатых колес и передач.
4. Для передач с нерегулируемым или регулируемым расположением осей устанавливается пять видов сопряжений зубчатых колес – **D**, **E**, **F**, **G**, **H** и четыре вида допуска на боковой зазор – **e**, **f**, **g**, **h**. Значения приведены в порядке убывания величины бокового зазора и допуска на него.

   Виды сопряжений зубчатых колес в передаче в зависимости от степени точности по нормам плавности работы приведены в таблице.

Вид сопряжений	**D**		**E**		**F**	**G**	**H**
Модуль m, мм	от 0,1 до 0,5	св. 0,5 до <1,0	от 0,1 до 0,5	св. 0,5 до 1,0	от 0,5 до <1,0		
Степень точности по нормам плавности работы	3 – 10	3 – 12	3 – 10	3 – 12	3 – 10	3 – 8	3 – 7

   Примечание. Для зубчатых колес с модулем m <= 0,3 мм, подлежащих изготовлению полнопрофильным инструментом, и зубчатых колес с модулем m < 0,2 мм, подлежащих изготовлению инструментом с ε открытым профилем, должна производиться проверка коэффициента перекрытия .

5. Видам сопряжений **D** и **E** соответствует вид допуска на боковой зазор **e**, а видам сопряжения **F**, **G**, **H –** виды допусков **f**, **g**, **h** соответственно.

   Соответствие между видом сопряжений зубчатых колес в передаче и видом допуска на боковой зазор можно изменять; также могут быть использованы виды допусков **x**, **y**, **z**.

   Соответствие между видом сопряжений зубчатых колес в передаче и видом допуска на боковой зазор можно изменять.

6. Точность изготовления зубчатых колес и передач задается степенью точности, а требования к боковому зазору – видом сопряжения по нормам бокового зазора.

Примеры условного обозначения точности цилиндрической передачи:

7 – G

Такая запись означает, что зубчатая передача имеет степень точности **7** по всем трем нормам (кинематическая точность, норма плавности работы и норма контакта), вид сопряжения - **G** и вид допуска на боковой зазор - **g**.

7 – 8 – 8 – Gf

Такая запись означает, что зубчатая передача по норме кинематической точности имеет степень точности **7**, по норме плавности работы – **8**, по норме контакта – **8**. Вид сопряжения зубчатых колес — **G**, вид допуска на боковой зазор – **f**.

- **выбор степени точности, вида сопряжения зубчатых колес и вида допуска на боковой зазор в зубчатой передаче**.

  Чтобы ознакомится с показателями, характеризующими степень точности, либо назначить степень точности, отличную от базовой, нажмите кнопку  ***Выбор степени точности, вида сопряжения зубчатых колес и вида допуска на боковой зазор в зубчатой передаче***, расположенную справа от поля ***Степень точности и вид сопряжения***, и выполните необходимые действия в открывшемся окне ***Выбор степени точности, вида сопряжения зубчатых колес и вида допуска на боковой зазор*** 366.

Для управления исходными данными и расчетом используйте кнопки инструментальной панели.

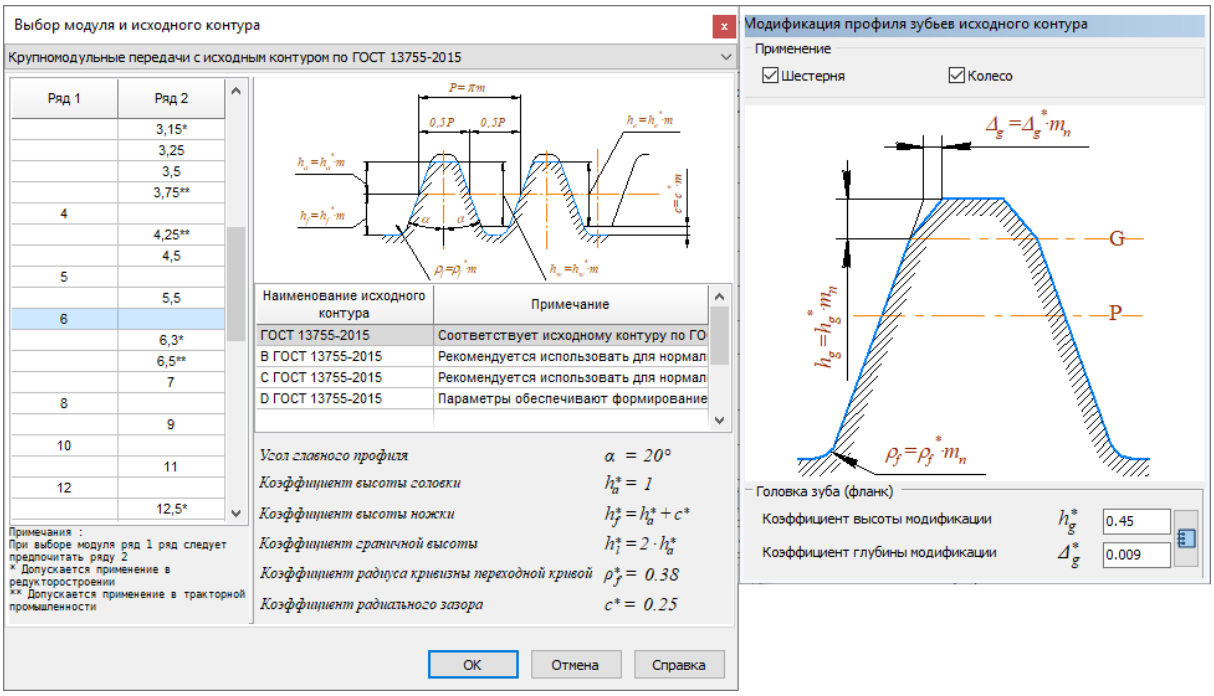
Во время выполнения расчета происходит диагностика рассчитываемой передачи по различным критериям и показателям. Результаты диагностики отображаются в области ***Ход расчета***. Если диагностируемые параметры удовлетворительны, результаты диагностики выделены зеленым цветом. Если неудовлетворительны – красным.
Чтобы получить информационное сообщение с рекомендациями по исправлению ошибок, наведите курсор мыши на неудовлетворительный результат диагностики. В сообщениях используется специальная терминология 10.
Основной вывод по итогам диагностики передачи приведен в нижней части окна.



Для элементов передачи, спроектированных с нарушением показателей качества зацепления, могут возникнуть сложности при генерации 3D-моделей.

Выбор модуля

Выбор модуля шестерни и плоского колеса осуществляется в диалоге Выбор модуля и исходного контура, который открывается после нажатия кнопки  Выбор модуля, находящейся в окне Геометрический расчет.



В верхней части окна находится раскрывающийся список, в котором перечислены варианты, доступные для выбора:

- крупномодульные передачи с исходным контуром по ГОСТ 13755-2015;
- мелкомодульные передачи с исходным контуром по ГОСТ 9587-81;
- крупномодульные высоконапряженные передачи с исходным контуром по ГОСТ Р 50531-93;
- метрические модули (исходный контур по стандартам других стран);
- питчевые модули (исходный контур по стандартам других стран);
- двойной диаметральный (дробный) питч по стандарту фирмы Феллоу (USA);
- нестандартный модуль или (и) нестандартный исходный контур.

1. Выберите из списка нужный вариант. В левой части окна будет показан список возможных значений модуля. В правой части приведены:
   - список исходных контуров, доступных для выбора (для некоторых стандартов);
   - рекомендации по применению (для некоторых стандартов);
   - изображение исходного контура со всеми параметрами;
   - справочная информация об исходном контуре, в том числе:
     - *коэффициент высоты головки зуба*,
     - *коэффициент радиального зазора*,
     - *коэффициент радиуса кривизны переходной кривой.*

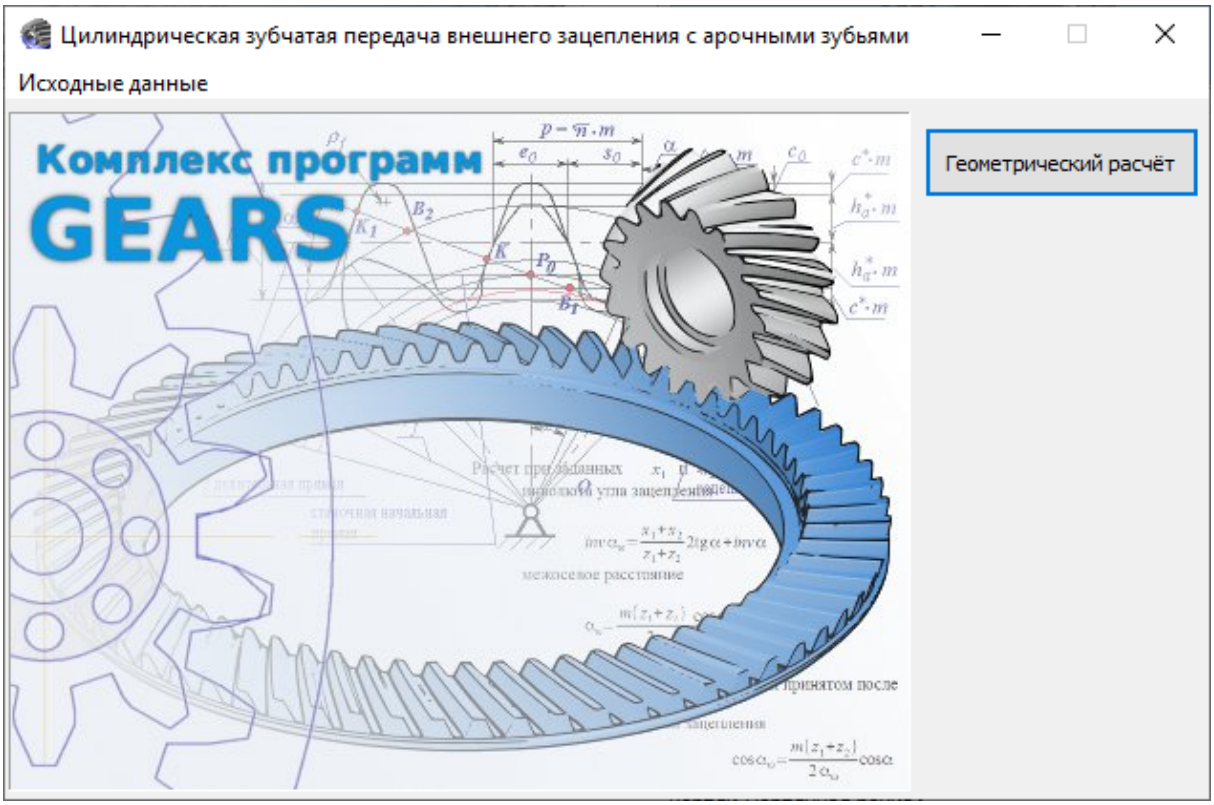
2. Щелчком мыши выберите значение модуля. В некоторых случаях вам потребуется выбрать исходный контур.

   Если вы выбрали вариант ***Нестандартный модуль или (и) нестандартный исходный контур***, введите в поле ***Модуль*** значение модуля и выберите в списке возможных значений ***Исходный контур*** стандарт на исходный контур либо вариант ***Нестандартный***.

3. Нажмите кнопку ***ОК***. Значение модуля появится в поле ***Модуль***, значения параметров исходного контура – в соответствующих полях ввода. Если вы выбрали нестандартный исходный контур, введите значения его параметров в соответствующих полях.

Цилиндрическая передача внешнего зацепления с арочными зубьями

Средствами модуля *КОМПАС-GEARS* может быть выполнен геометрический расчет[124] цилиндрических передач внешнего зацепления с арочными зубьями.



Если предстоит рассчитать модель элемента механической передачи, уже созданную в системе *Валы и механические передачи 2D*, геометрические параметры этого элемента будут автоматически переданы в *Модуль расчетов механических передач*.

Линейные размеры задаются в миллиметрах, а угловые – в градусах, минутах, секундах.

Исходные данные для расчета могут быть сохранены в файле формата **.gear_arc_dat* с помощью команд строки меню ***Исходные данные***[365] или непосредственно при выполнении расчетов. В дальнейшем сохраненные данные можно будет загружать для расчета в модуль *КОМПАС-GEARS*.

Чтобы приступить к выполнению расчета, нажмите в окне ***Цилиндрическая передача внешнего зацепления с арочными зубьями*** кнопку, соответствующую виду расчета.

Внимание! Расчет может быть произведен, если на компьютере установлен Дополнительный комплект[9] системы *Валы и механические передачи 2D*.

Сведения о зубчатых колесах с арочными зубьями

Цилиндрическое арочное зубчатое колесо имеет зубья арочной формы, например, в виде дуги окружности по длине. Дуга окружности – это наиболее распространенная форма таких зубьев, т. к. способ ее формообразования наиболее простой.

Расчетным и экспериментальным путем установлено, что при одинаковых конструктивно-технологических параметрах по сравнению с традиционными прямыми зубьями арочные зубья позволяют получить в передаче больший коэффициент перекрытия (с 1…1,2 до 2...2,5). Это приводит к повышению несущей способности передачи и снижению относительного скольжения зубьев в зацеплении.

Средствами системы *Валы и механические передачи 2D* формируются зубчатые колеса с теоретически точной геометрией арочных зубьев с эвольвентной формой зуба во всех сечениях, перпендикулярных оси колеса. Кроме того, предусмотрено задание параметра бочкообразности – отклонения поверхностей зуба на делительном цилиндре на торцах колёс. Ввод значения этого параметра позволяет исключить выход площадок контакта в зацеплении на торцевых участках зубьев (на вершинках).
Бочкообразность снижает повышенные напряжения на этих опасных участках, уменьшает кромочное выкрашивание и износ. Также бочкообразность зуба способствует возникновению каплевидных площадок контакта и самоустанавливаемости колес передачи, что позволяет дополнительно нивелировать погрешности изготовления и монтажа.

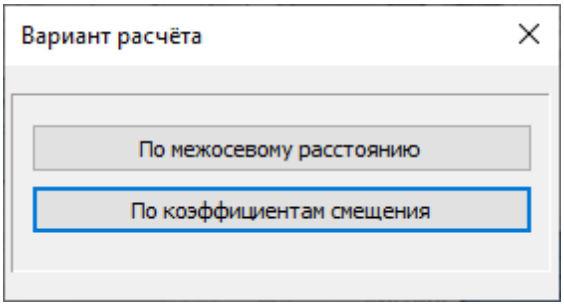
В настоящее время обработка зубчатых колес с арочными зубьями возможна только на многокоординатных станках с ЧПУ. Возможно в недалеком будущем появятся более эффективные технологии, позволяющие упростить производство таких колес.

Геометрический расчет

Варианты расчета 124;
Описание расчета 125.

Варианты расчета

Выберите вариант ввода исходных данных:



Задано межосевое расстояние *aw*.

По заданному межосевому расстоянию ***aw*** определяется суммарный коэффициент смещения ***x***, значение которого разбивается на ***x1*** и ***x2***.

Заданы коэффициенты смещения *x1*, *x2*.

По заданным коэффициентам смещения ***x1*** и ***x2*** определяется межосевое расстояние ***aw***.

Описание расчета

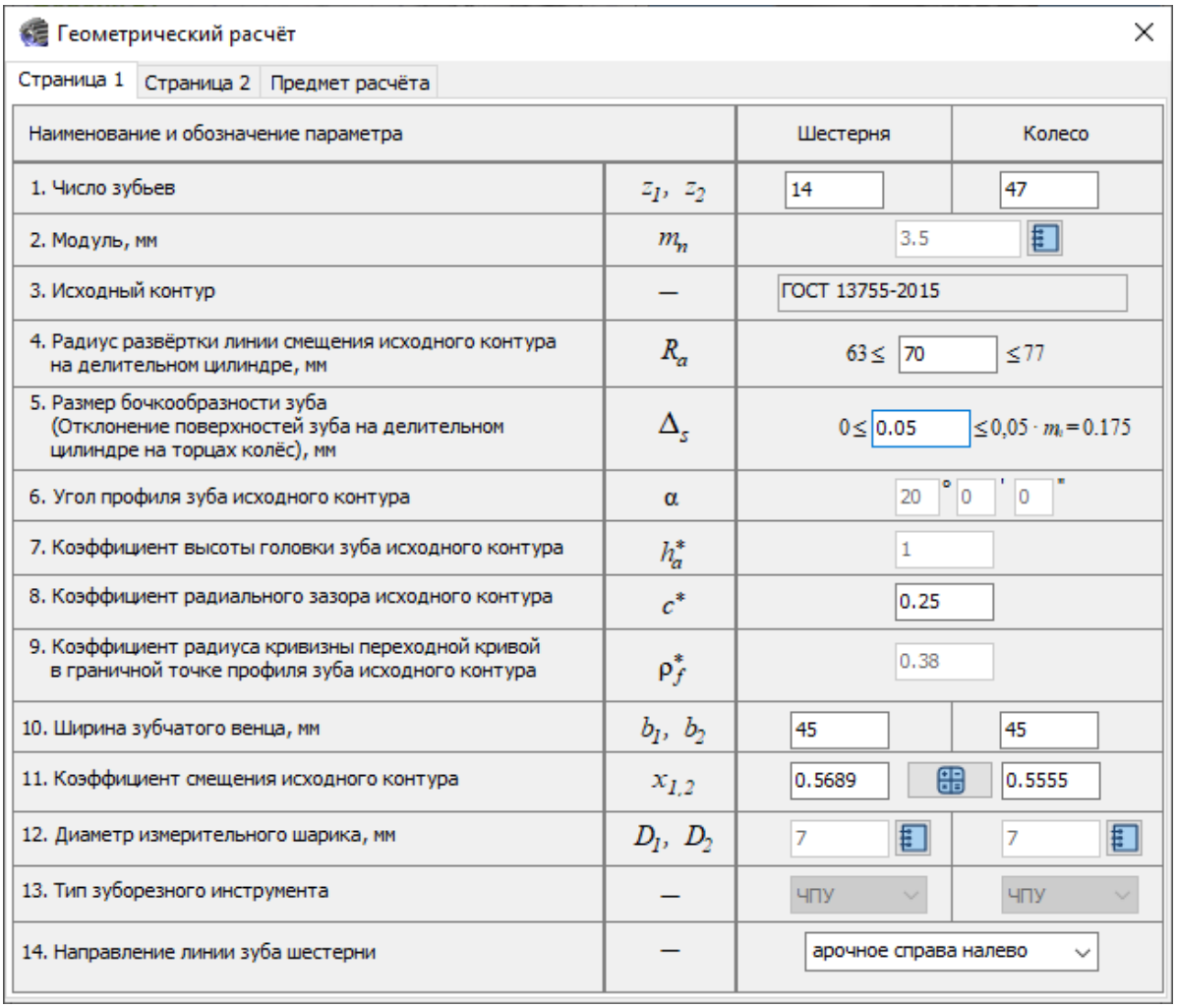
Целями выполнения геометрического расчета цилиндрической передачи внешнего зацепления с арочными зубьями являются:

- определение основных геометрических параметров зубчатых колес и размеров для контроля;
- проверка качества зацепления по геометрическим показателям.

Методика расчета основана на ГОСТ 16532-70 «Передачи зубчатые цилиндрические эвольвентные внешнего зацепления. Расчет геометрии», а также рекомендациях, приведенных в Справочнике по геометрическому расчету эвольвентных зубчатых передач (автор И.А. Болотовский).

Поля ввода исходных данных располагаются на двух страницах. Переход на вторую страницу и выполнение расчета возможно только после ввода всех данных на первой странице.
Данные на странице ***Предмет расчета*** являются описательной информацией о расчете.

Введите данные на ***Странице 1***.



Особенности ввода некоторых данных:

- **модуль**;

  Значения модуля стандартизованы. Чтобы выбрать модуль, нажмите кнопку  ***Выбор модуля***, расположенную справа от поля ***Модуль***, и выполните необходимые действия в открывшемся окне ***Выбор модуля и исходного контура***22. Значение модуля появится в соответствующем поле ввода, информация об исходном контуре – в поле ***Исходный контур***.

- **параметры стандартного исходного контура**;

  Поля, соответствующие параметрам исходного контура,

  - ***Угол профиля зуба исходного контура***,
  - ***Коэффициента высоты головки зуба исходного контура***,
  - ***Коэффициента радиального зазора исходного контура***,
  - ***Коэффициента радиуса кривизны переходной кривой в граничной точке профиля зуба исходного контура***

  будут заполнены автоматически. Значения параметров будут зависеть от выбранного модуля и стандарта на исходный контур. Некоторые значения доступны для редактирования. Если навести курсор на поле ввода редактируемого значения, появится подсказка, в которой указан диапазон его возможных значений.

- **коэффициент смещения исходного контура**;

  Может быть задан в соответствии с рекомендациями ГОСТ 16532-70:

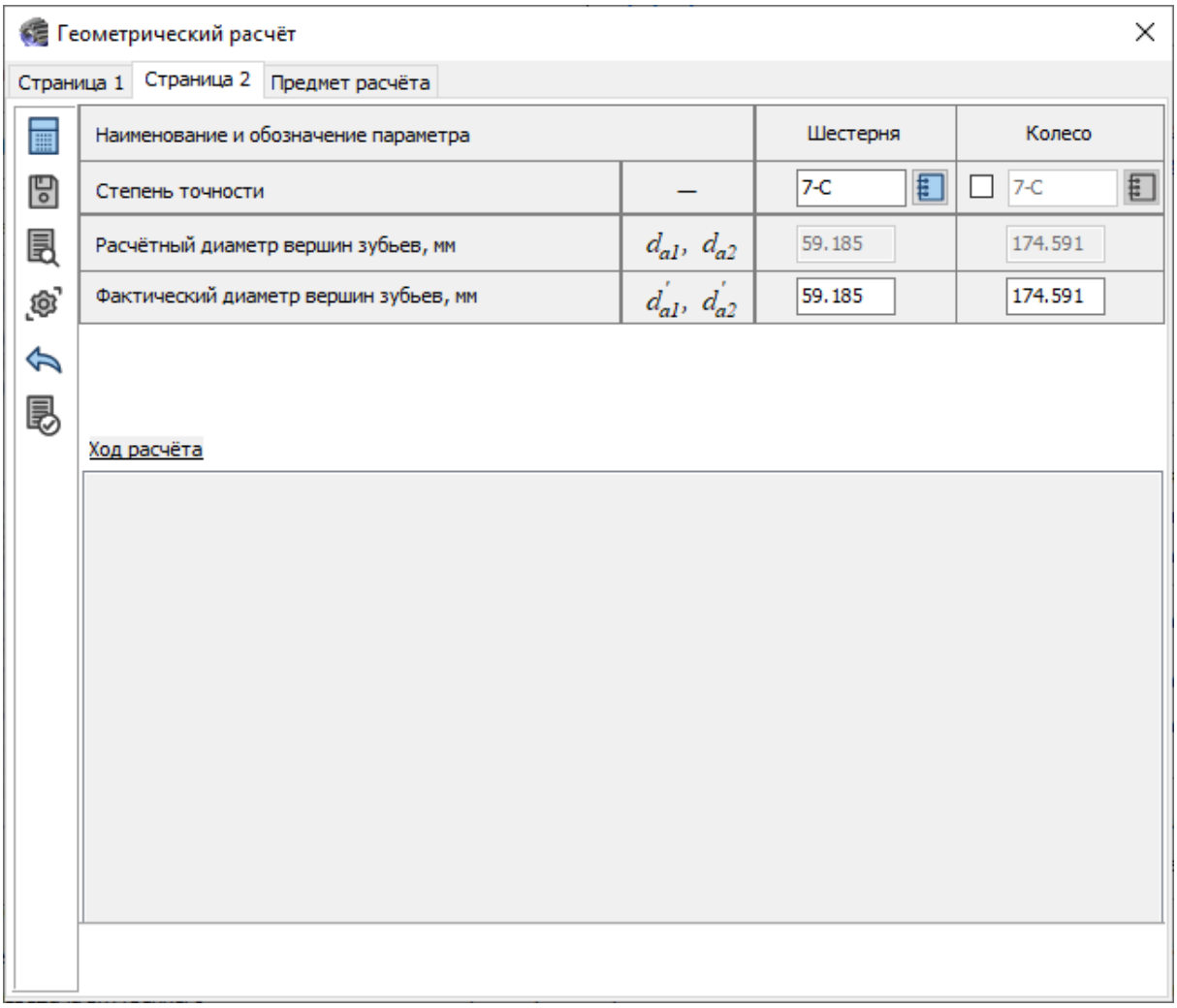
  - при *z* > *30* ***x = 0***;
  - при *20* < *z* < *30* ***x = 0,3***;
  - при *z* < *20* ***x = 0,5***, но при этом считается минимально допустимое значение смещения ***xmin***, и в случае если ***xmin > x***, принимается ***xmin***.

  или выбран и рассчитан130 по специальным методикам (чтобы выполнить расчет, нажмите кнопку ).

- **диаметр измерительного шарика**.

  По умолчанию в полях ввода отображается рекомендованное значение диаметра. Чтобы выбрать378 другой диаметр, нажмите кнопку  ***Подбор диаметра***, расположенную справа от полей ***Диаметр измерительного ролика (шарика)***.
  Чтобы вернуться к рекомендованному значению, нажмите клавишу ***<F10>***.

Введите данные на ***Странице 2***.



Особенности ввода некоторых данных:

- **степень точности**;
  - **Крупномодульные передачи**.

    При назначении степени точности крупномодульных цилиндрических зубчатых передач необходимо руководствоваться следующими положениями.

    1. Согласно ГОСТ 1643-81 «Основные нормы взаимозаменяемости. Передачи зубчатые цилиндрические. Допуски» для цилиндрических зубчатых передач внешнего и внутреннего зацепления с прямозубыми, косозубыми и шевронными зубчатыми колесами устанавливаются двенадцать степеней точности зубчатых колес и передач, обозначаемых в порядке убывания точности цифрами **1**, **2**, **3**, **4**, **5**, **6**, **7**, **8**, **9**, **10**, **11**, **12**.
    2. Для каждой степени точности устанавливаются нормы кинематической точности, плавности работы и контакта зубчатых колес в передаче.
    3. Допускается комбинирование различных степеней точности и норм кинематической точности, плавности работы и контакта зубчатых колес.

       При комбинировании необходимо соблюдать следующие условия:

- нормы плавности работы могут быть точнее (не более чем на две степени точности) или грубее (не более чем на одну степень точности) норм кинематической точности;
- нормы контакта зубчатых колес могут назначаться по любым более точным степеням, а также на одну степень грубее, чем нормы плавности работы зубчатых колес и передач.

4. Устанавливаются шесть видов сопряжений зубчатых колес – **A**, **B**, **C**, **D**, **E**, **H** и восемь видов допуска на боковой зазор – **x**, **y**, **z**, **a**, **b**, **c**, **d**, **h**. Значения приведены в порядке убывания величины бокового зазора и допуска на него.

   Виды сопряжений зубчатых колес в передаче в зависимости от степени точности по нормам плавности работы приведены в таблице.

Вид сопряжений	A	B	C	D	E	H
Степень точности по нормам плавности работы	3 – 12	3 – 11	3 – 9	3 – 8	3 – 7	3 – 7

5. Видам сопряжений **A**, **B**, **C**, **D** соответствуют виды допуска на боковой зазор **a**, **b**, **c**, **d** соответственно, а видам сопряжений **H** и **E** – вид допуска на боковой зазор **h**.

   Соответствие между видом сопряжений зубчатых колес в передаче и видом допуска на боковой зазор можно изменять; также могут быть использованы виды допусков **x**, **y**, **z**.

6. Точность изготовления зубчатых колес и передач задается степенью точности, а требования к боковому зазору – видом сопряжения по нормам бокового зазора.

Примеры условного обозначения точности цилиндрической передачи:

7 – C

Такая запись означает, что зубчатая передача имеет степень точности **7** по всем трем нормам (кинематическая точность, норма плавности работы и норма контакта), вид сопряжения - **C** и вид допуска на боковой зазор - **c**.

8 – 7 – 6 – Ba

Такая запись означает, что зубчатая передача по норме кинематической точности имеет степень точности **8**, по норме плавности работы – **7**, по норме контакта – **6**. Вид сопряжения зубчатых колес — **B**, вид допуска на боковой зазор – **a**.

Мелкомодульные передачи.

При назначении степени точности мелкомодульных цилиндрических зубчатых передач необходимо руководствоваться следующими положениями.

1. Согласно ГОСТ 9178-81 «Основные нормы взаимозаменяемости. Передачи зубчатые цилиндрические мелкомодульные» для цилиндрических зубчатых передач внешнего и внутреннего зацепления с прямозубыми и косозубыми зубчатыми колесами с модулем от 0,1 до 1,0 (исключительно) устанавливаются двенадцать степеней точности зубчатых колес и передач, обозначаемых в порядке убывания точности цифрами **1**, **2**, **3**, **4**, **5**, **6**, **7**, **8**, **9**, **10**, **11**, **12**.
2. Для каждой степени точности устанавливаются нормы кинематической точности, плавности работы и контакта зубчатых колес в передаче.
3. Допускается комбинирование различных степеней точности и норм кинематической точности, плавности работы и контакта зубчатых колес.

При комбинировании необходимо соблюдать следующие условия:

- нормы плавности работы могут быть на одну степень точности точнее или грубее норм кинематической точности;
- нормы контакта зубчатых колес могут назначаться по любым более точным степеням, а также на одну степень грубее, чем нормы плавности работы зубчатых колес и передач.

4. Для передач с нерегулируемым или регулируемым расположением осей устанавливается пять видов сопряжений зубчатых колес – **D**, **E**, **F**, **G**, **H** и четыре вида допуска на боковой зазор – **e**, **f**, **g**, **h**. Значения приведены в порядке убывания величины бокового зазора и допуска на него.

   Виды сопряжений зубчатых колес в передаче в зависимости от степени точности по нормам плавности работы приведены в таблице.

Вид сопряжений	**D**		**E**		**F**	**G**	**H**
Модуль m, мм	от 0,1 до 0,5	св. 0,5 до <1,0	от 0,1 до 0,5	св. 0,5 до 1,0	от 0,5 до <1,0		
Степень точности по нормам плавности работы	3 – 10	3 – 12	3 – 10	3 – 12	3 – 10	3 – 8	3 – 7

   Примечание. Для зубчатых колес с модулем m <= 0,3 мм, подлежащих изготовлению полнопрофильным инструментом, и зубчатых колес с модулем m < 0,2 мм, подлежащих изготовлению инструментом с ε открытым профилем, должна производиться проверка коэффициента перекрытия .

5. Видам сопряжений **D** и **E** соответствует вид допуска на боковой зазор **e**, а видам сопряжения **F**, **G**, **H –** виды допусков **f**, **g**, **h** соответственно.

   Соответствие между видом сопряжений зубчатых колес в передаче и видом допуска на боковой зазор можно изменять; также могут быть использованы виды допусков **x**, **y**, **z**.

   Соответствие между видом сопряжений зубчатых колес в передаче и видом допуска на боковой зазор можно изменять.

6. Точность изготовления зубчатых колес и передач задается степенью точности, а требования к боковому зазору – видом сопряжения по нормам бокового зазора.

Примеры условного обозначения точности цилиндрической передачи:

7 – G

Такая запись означает, что зубчатая передача имеет степень точности **7** по всем трем нормам (кинематическая точность, норма плавности работы и норма контакта), вид сопряжения - **G** и вид допуска на боковой зазор - **g**.

7 – 8 – 8 – Gf

Такая запись означает, что зубчатая передача по норме кинематической точности имеет степень точности **7**, по норме плавности работы – **8**, по норме контакта – **8**. Вид сопряжения зубчатых колес — **G**, вид допуска на боковой зазор – **f**.

чтобы для колеса назначить степень точности, отличную от шестерни, включите опцию, расположенную слева от поля ввода степени точности колеса.

- **выбор степени точности, вида сопряжения зубчатых колес и вида допуска на боковой зазор в зубчатой передаче**;

  Чтобы ознакомится с показателями, характеризующими степень точности, либо назначить степень точности, отличную от базовой, нажмите кнопку  ***Выбор степени точности, вида сопряжения зубчатых колес и вида допуска на боковой зазор в зубчатой передаче***, расположенную справа от поля ***Степень точности и вид сопряжения***, и выполните необходимые действия в открывшемся окне ***Выбор степени точности, вида сопряжения зубчатых колес и вида допуска на боковой зазор*** 366.

- **коэффициент смещения исходного контура**;

  В случае расчета ***По межосевому расстоянию*** на второй странице вводятся значения коэффициентов смещения с учетом суммарного коэффициента смещения. При этом, используя раскрывающееся меню, можно выполнить:

  - расчет ***X1*** по ***X2***;
  - расчет ***X2*** по ***X1***;
  - расчет ***X1*** и ***X2*** из условия равнопрочности зубьев шестерни и колеса.

- **фактический диаметр вершин зубьев**.

  Фактический диаметр вершин зубьев может быть равен, меньше или больше номинального (расчетного) диаметра.
  Максимальный фактический диаметр может быть больше номинального на величину, рассчитанную по формуле 2 * (c - 0,1) * m_n.
  Увеличенный диаметр позволяет увеличить коэффициент перекрытия. При этом нужно контролировать критерии качества зацепления – интерференцию и заострение зубьев.

Для управления исходными данными и расчетом используйте кнопки инструментальной панели.

Во время выполнения расчета происходит диагностика рассчитываемой передачи по различным критериям и показателям. Результаты диагностики отображаются в области ***Ход расчета***. Если диагностируемые параметры удовлетворительны, результаты диагностики выделены зеленым цветом. Если неудовлетворительны – красным.
Чтобы получить информационное сообщение с рекомендациями по исправлению ошибок, наведите курсор мыши на неудовлетворительный результат диагностики. В сообщениях используется специальная терминология 10.
Основной вывод по итогам диагностики передачи приведен в нижней части окна.

После выполнения расчета передачи можно визуализировать работу 380 зубчатого зацепления. Для этого нажмите на панели инструментов кнопку  ***Визуализация зацепления*** и выполните необходимые действия в открывшемся окне.



Для зубчатого колеса, спроектированного с нарушением показателей качества зацепления, могут возникнуть сложности при генерации 3D-модели.

Выбор и расчет коэффициентов смещения

Средствами модуля КОМПАС-GEARS вы можете выполнить расчет коэффициентов смещения или выполнить проверку работоспособности цилиндрической зубчатой передачи внешнего зацепления при заданных значениях коэффициентов смещения. Для этого нажмите кнопку ***Расчет и выбор***

коэффициентов смещения  , расположенную возле полей ввода ***Коэффициент смещения исходного контура*** в окне ***Геометрический расчет***. Откроется окно ***Расчет и выбор коэффициентов смещения***.

В верхней части окна находится **область отображения исходных данных**, в которой показаны:

- параметры рассчитываемой зубчатой передачи;
- рекомендованные ограничения по показателям качества зацепления.

Ниже находится **область выбора способа определения коэффициентов смещения**. Коэффициенты могут быть:

- приняты по рекомендации нормативных документов (ГОСТ 16532-70 – для кинематических и силовых передач; ISO);
- выбраны произвольно 131.

В этом же окне будет построен блокирующий контур 25 рассчитываемой зубчатой передачи. Подробная информация о блокирующем контуре приведена в описании геометрического расчета цилиндрической зубчатой передачи внешнего зацепления.

Выбор произвольных значений коэффициентов смещения

Чтобы воспользоваться этим способом выбора коэффициентов смещения, в окне ***Расчет и выбор коэффициентов смещения*** должен быть выбран вариант ***Ввод вручную***.

Значения коэффициентов смещения могут быть:

- предварительно введены в поля ввода ***Коэффициенты смещения исходного контура*** в окне ***Геометрический расчет***;
- введены в поля ввода ***X1*** и ***X2*** вручную;
- указаны на блокирующем контуре.

Если значения введены вручную, для выполнения расчета нажмите кнопку ***Расчет***. Далее вы сможете воспользоваться командами вложенного меню кнопки ***Расчет***:

- ***Просмотр результатов геометрического расчета***;

  Позволяет увидеть отчет с результатами геометрического расчета.

- ***Просмотр результатов расчета на прочность при действии максимальной нагрузки***;

  Позволяет увидеть отчет с результами расчета на прочность.

- ***Визуализация зацепления***;

  Позволяет визуализировать 380 работу зацепления. Визуализация возможна лишь в том случае, если модуль запущен из активного документа КОМПАС-3D типа *Чертеж*.

- ***Показать точку в ДБК***.

  Позволяет отобразить точку с текущими значениями коэффициентов смещения ***X1*** и ***X2*** на блокирующем контуре.

Конические и гипоидные передачи

Средствами модуля *КОМПАС-GEARS* могут быть рассчитаны:

- конические передачи с круговыми зубьями 132;
- конические передачи с прямыми зубьями 158;
- конические передачи с тангенциальными зубьями 175;
- конические передачи внутреннего зацепления с прямыми зубьями 184;
- гипоидные передачи 191.

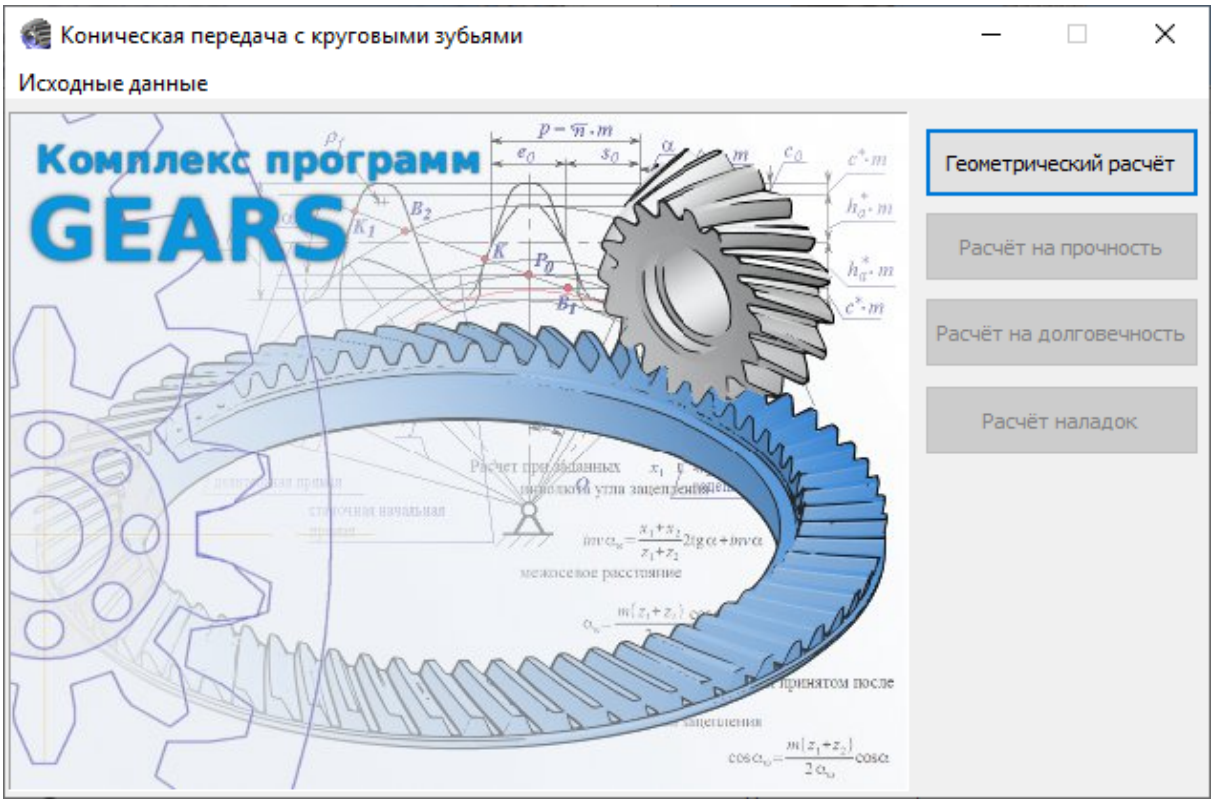
Коническая передача с круговыми зубьями

Средствами модуля *КОМПАС-GEARS* могут быть рассчитаны зубчатые конические передачи с круговыми зубьями внешнего зацепления с межосевыми углами от 10° до 150°, углом наклона зуба от 0° до 45° и с прямолинейным профилем исходного контура.

В основу программы положены методики ГОСТ 9563-60 «Передачи зубчатые конические с круговыми зубьями. Расчет геометрии»), справочника «Зубчатые передачи» (под ред. Е.Г.Гинзбурга) и методики, разработанные в расчетно-вычислительном центре акционерного общества «Специальное конструкторское бюро машиностроения» (г.Курган).

Предусмотрено три вида расчетов, выполняемых последовательно:

- геометрический расчет 133;
- расчет на прочность 150;
- расчет на долговечность 153;
- расчет наладок 157.



Если предстоит рассчитать модель элемента механической передачи, уже созданную в системе *Валы и механические передачи 2D*, геометрические параметры этого элемента будут автоматически переданы в *Модуль расчетов механических передач*.

Линейные размеры задаются в миллиметрах, а угловые - в градусах, минутах, секундах.

Вы можете сохранять исходные данные для расчета в файле формата **.gear_spb_dat* с помощью команд строки меню ***Исходные данные*** 365 или непосредственно при выполнении расчетов. Впоследствии сохраненные данные можно будет загружать для расчета в модуль *КОМПАС-GEARS*.

Нажмите в окне ***Расчеты конической передачи с круговыми зубьями*** кнопку, соответствующую виду расчета.

Внимание! Расчет может быть произведен, если на компьютере установлен Дополнительный комплект 9 системы *Валы и механические передачи 2D*.

Геометрический расчет

Варианты расчета 134;

Описание 134;

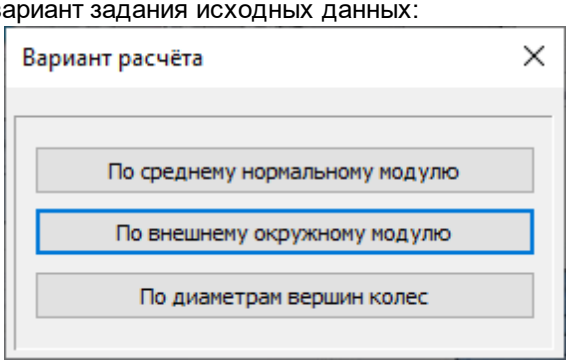
Выбор осевой формы зуба 144;

Выбор типа и параметров зуборезной головки 145;

Ввод преднамеренного смещения измерительного сечения 149.

Варианты расчета

Выберите необходимый вариант задания исходных данных:



Задан средний нормальный модуль.

Заданы внешний окружной модуль.

Заданы диаметры вершин колес *da1*, *da2*.

Третий вариант является «ремонтным» и применяется, когда необходимо изготовить зубчатую пару взамен изношенной, при отсутствии данных о ее геометрических параметрах (неизвестен модуль). Исходными данными в таком случае будут числа зубьев и внешний диаметр вершин колеса. После первичного расчета будет определен приближенный средний нормальный модуль передачи, который при повторном расчете может быть приближен к стандартному значению.

Описание расчета

Цели выполнения геометрического расчета:

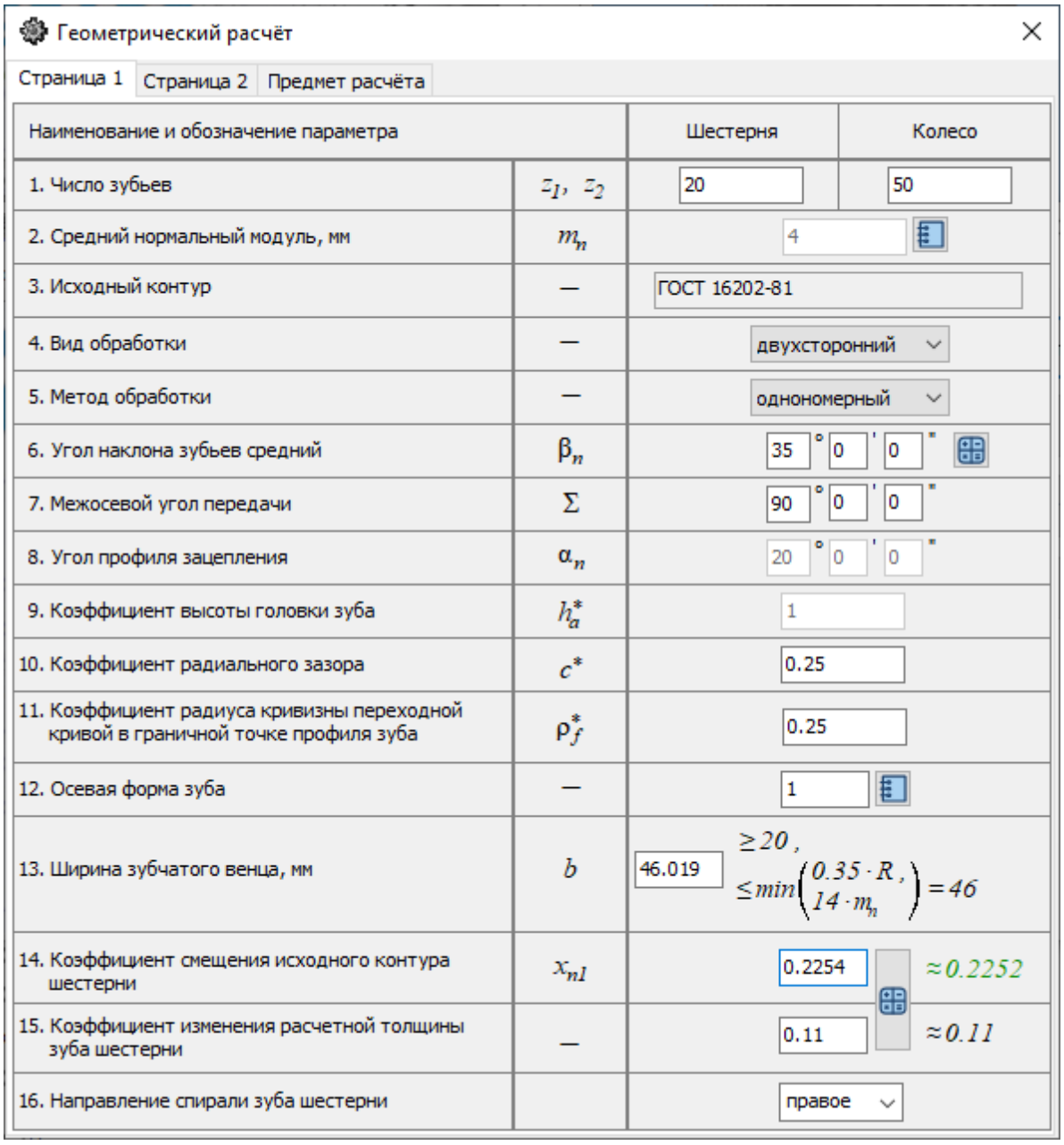
- определение основных параметров зубчатых колес;
- определение размеров для контроля;
- проверка качества зацепления по геометрическим показателям.

Расчет выполняется согласно ГОСТ 19326-73 «Передачи зубчатые конические с круговыми зубьями. Расчет геометрии».

Если используется вариант расчета 134 ***По внешнему окружному модулю*** и выбран исходный контур 142 ***Передачи с исходным контуром и методом расчета геометрии фирмы Gleason***, то геометрический расчет передачи выполняется с учетом методики, принятой на фирме Gleason.

Поля ввода исходных данных располагаются на двух страницах. Переход на вторую страницу и выполнение расчета возможно только после ввода всех данных на первой странице.
Данные на странице ***Предмет расчета*** (описательная информация о расчете) постоянны для всех расчетов передачи (геометрия, прочность, долговечность).

Введите данные на ***Странице 1***.



Особенности ввода некоторых данных на первой странице:

- **нормальный средний модуль (если расчет передачи ведется по среднему нормальному модулю)**;

  Значения модуля стандартизованы. Чтобы выбрать модуль, нажмите кнопку ***Выбор модуля***, расположенную справа от поля ***Нормальный средний модуль***, и выполните необходимые действия в открывшемся окне ***Выбор модуля и исходного контура*** 141. Значение модуля появится в соответствующем поле ввода, информация об исходном контуре – в поле ***Исходный контур***.

- **вид обработки**;

Односторонний вид – выпуклую и вогнутую стороны зубьев обоих колес обрабатывают отдельно, каждую своей односторонней головкой (головкой с одной группой резцов). Метод позволяет получать наиболее благоприятный контакт, но является малопроизводительным. В основном применяется для изготовления колес с I и III осевыми формами зубьев.

Двусторонний вид – вогнутую и выпуклую стороны зубьев большого колеса нарезают одновременно, двусторонней головкой (головкой с двумя группами резцов), а стороны зубьев малого колеса обрабатывают раздельно, двумя односторонними головками. Метод позволяет получать достаточно благоприятный контакт и является более производительным. В основном применяется для обработки колес со II осевой формой зуба.

- **метод обработки**;

Для **одностороннего** вида обработки:

- **Однономерный** – этот способ нарезания применяется при индивидуальном и мелкосерийном производстве конических пар с углом наклона от 0 до 40° и передаточным числом от 1 до 40. При этом требуется сокращенный комплект резцовых головок.
- **Многономерный** – способ не рекомендуется для применения, так как требуется большое количество резцовых головок с различными номерами резцов. При наличии станка с наклоняющимся шпинделем способ можно применить, сделав дополнительный расчет.

Для **двустороннего** вида обработки:

- **Однономерный** – этот способ нарезания рекомендуется для производства конических пар небольшими повторяющимися партиями. При этом требуется сокращенный комплект резцовых головок.
- **Многономерный** – способ (метод постоянной настройки) является основным и наиболее распространенным методом массового и крупносерийного производства конических пар.

- **угол наклона зубьев средний**;

Как правило, для силовых передач угол наклона зубьев средний принимается 35°, а при повышенных требованиях к плавности работы – 40°.
Если по условиям конструкции передачи нельзя допустить повышенное осевое усилие или необходимо, чтобы это усилие было направлено у обоих сцепляющихся зубчатых колес от вершины конусов при любом направлении вращения, применяют зубчатые колеса «**зерол**». Для зубчатых колес «зерол» угол наклона зубьев отсутствует, т.е. равен 0° (но это только в средней точке линии зуба – по одну сторону от этой точки угол имеет положительное значение, а по другую сторону – отрицательное).
Зубчатая передача с колесами «зерол» чувствительна к погрешностям монтажа и деформациям при нагрузках. Это выражается в том, что при указанных условиях зона контакта стремится сдвинуться на край зуба. Это стремление более интенсивно по сравнению с передачами, у которых угол спирали имеет положительное значение по всей длине зуба. Такому условию удовлетворяют **радиально-спиральные колеса**.
У радиально-спиральных колес нулю равен не средний угол спирали, а угол наклона зуба у внутреннего конца линии зуба. Для расчета среднего угла спирали радиально-спиральных колес необходимо нажать кнопку  ***Расчет углов наклона зубьев*** и выбрать в раскрывшемся меню команду ***Расчет угла наклона для радиально-спиральных колес***. Откроется одноименное команде окно, в котором потребуется выполнить расчет 143.

- **параметры стандартного исходного контура**;

Поля, соответствующие параметрам исходного контура,

- ***Угол профиля зацепления***,
- ***Коэффициента высоты головки зуба***,
- ***Коэффициента радиального зазора***,
- ***Коэффициента радиуса кривизны переходной кривой***

будут заполнены автоматически. Значения параметров будут зависеть от выбранного модуля и стандарта на исходный контур. Некоторые значения доступны для редактирования. Если навести курсор на поле ввода редактируемого значения, появится подсказка, в которой указан диапазон его возможных значений.

параметры стандартного исходного контура (если расчет передачи ведется по внешнему окружному модулю);

Значения в полях, соответствующих параметрам исходного контура,

- ***Угол профиля зацепления***,
- ***Коэффициента высоты головки зуба***,
- ***Коэффициента радиального зазора***,
- ***Коэффициента радиуса кривизны переходной кривой***

будут зависеть от выбранного исходного контура. Чтобы выбрать исходный контур, нажмите кнопку  , расположенную справа от поля ***Угол профиля зацепления***, и выполните необходимые действия 142 в открывшемся окне.

осевая форма зуба;

Выбор осуществляется в специализированном диалоге 144, который открывается после нажатия кнопки  .

ширина зубчатого венца;

При вводе ширины зубчатого венца проверяется соответствие ширины венца модулю и конусному расстоянию.

Для колес с осевой формой зуба I и II при среднем угле наклона >20°:

$$B < 0{,}3 * Re \text{ и } B < 0{,}35 * R$$
$$B < 10 * Mte \text{ и } B < 14 * Mn$$

Для колес с осевой формой зуба III, а также для колес с любой формой зуба при среднем угле наклона <20°:

$$B < 0{,}25 * Re \text{ и } B < 0{,}3 * R$$
$$B < 8 * Mte \text{ и } B < 12 * Mn,$$

где ***B*** - ширина венца,
Re - внешнее конусное расстояние,
Mte - внешний окружной модуль,
R - среднее конусное расстояние,
Mn - средний нормальный модуль.

При нажатии клавиши <***F3***> выполняется подстановка в поле ввода допускаемого значения ширины венца.

коэффициент смещения исходного контура шестерни;

Значение коэффициента, рекомендуемое ГОСТ 19624-74, отображается справа от поля ввода. Если это значение отличается от значения, отображаемого в поле ввода, то рекомендуемое значение выделено зеленым цветом.
Для подстановки в поле ввода рекомендуемого значения нажмите клавишу <***F3***> или кнопку .

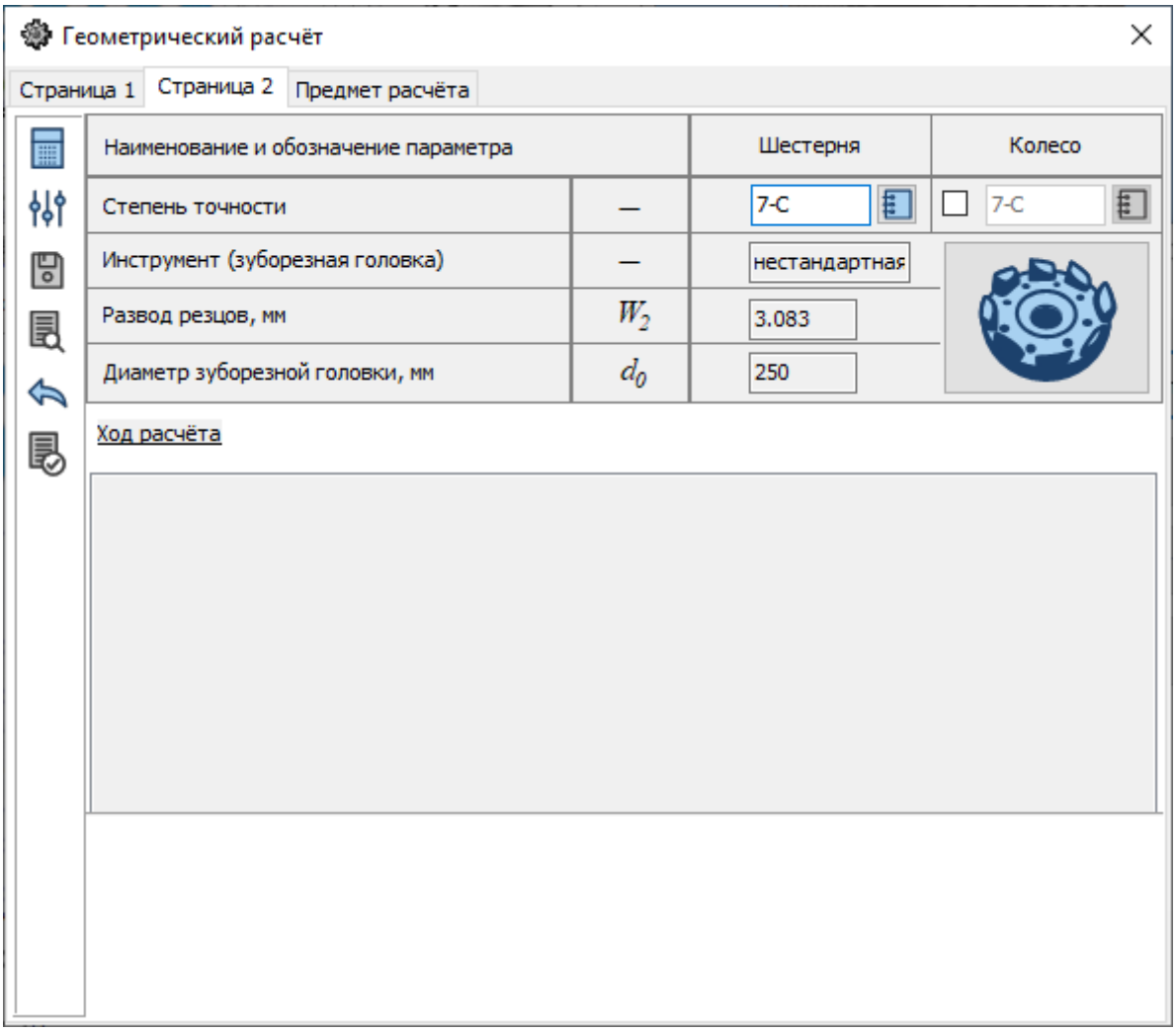
- **коэффициент изменения расчетной толщины зуба шестерни**.

  Значение коэффициента, рекомендуемое ГОСТ 19624-74, отображается справа от поля ввода. Если это значение отличается от значения, отображаемого в поле ввода, то рекомендуемое значение выделено зеленым цветом.
  Для подстановки в поле ввода рекомендуемого значения нажмите клавишу <***F3***> или кнопку .

  При нажатии клавиши <***F10***> в поля ввода автоматически будут подставлены рекомендуемые значения:

  - ширины зубчатого венца;
  - коэффициента смещения исходного контура шестерни;
  - коэффициента изменения расчетной толщины зуба шестерни.

Введите данные на ***Странице 2***.



Особенности ввода некоторых данных на второй странице:

- **степень точности**;

  При назначении степени точности конических передач необходимо руководствоваться следующими положениями.

  1. Согласно ГОСТ 1758-81 «Основные нормы взаимозаменяемости. Передачи конические и гипоидные. Допуски» для конических и гипоидных зубчатых передач внешнего зацепления с прямыми, тангенциальными и криволинейными зубьями со средним делительным диаметром зубчатых колес до 4000 мм, средним нормальным модулем от 1 до 55 мм с прямолинейным профилем исходного контура и номинальным углом его профиля 20°, устанавливаются двенадцать степеней точности зубчатых колес и передач, обозначаемых в порядке убывания точности цифрами **1**, **2**, **3**, **4**, **5**, **6**, **7**, **8**, **9**, **10**, **11**, **12**.
  2. Для каждой степени точности зубчатых колес и передач устанавливаются нормы: кинематической точности, плавности работы и контакта зубьев зубчатых колес в передаче.
  3. Допускается комбинирование норм кинематической точности зубчатых колес и передач, норм плавности работы и норм контакта зубьев различных степеней точности.

При комбинировании норм разных степеней точности, нормы плавности работы зубчатых колес и передач могут быть не более чем на две степени точнее или одну степень грубее норм кинематической точности; нормы контакта зубьев не могут назначаться по степеням точности более грубым, чем нормы плавности.

4. Устанавливаются шесть видов сопряжений зубчатых колес в передаче, обозначаемых в порядке убывания гарантированного бокового зазора буквами **A**, **B**, **C**, **D**, **E**, **H**.

   Виды сопряжений зубчатых колес в передаче в зависимости от степени точности по нормам плавности работы указаны в таблице.

Вид сопряжений	A	B	C	D	E	H
Степень точности передач	4 – 12	4 – 11	4 – 9	4 – 8	4 – 7	4 – 7

Точность изготовления конических и гипоидных зубчатых колес и передач задается степенью точности, а требования к боковому зазору - видом сопряжения по нормам бокового зазора

Чтобы для колеса назначить степень точности, отличную от шестерни, включите опцию, расположенную слева от поля ввода степени точности колеса.

- **тип, развод резцов и диаметр зуборезной головки**;

  Выбор осуществляется в специализированном диалоге[145], который открывается после нажатия кнопки  ***Выбор типа и параметров зуборезной головки***.

- **способ определения углов головки зуба**.

  Если на ***Странице 1*** выбрана II осевая форма зуба, потребуется выбрать способ определения углов головки зуба. Для этого нажмите на панели инструментов ***Страницы 2*** кнопку  ***Способы определения углов головки зуба для II осевой формы зуба*** и выполните действия в открывшемся диалоге[150]. Если выбрана иная осевая форма зуба, кнопка неактивна.

Для управления расчетом и данными используйте кнопки инструментальной панели.

После начала выполнения расчета дополнительно будут запрошены значения диаметра вершин со срезом и расстояния от внешнего торца до измерительного сечения[149].

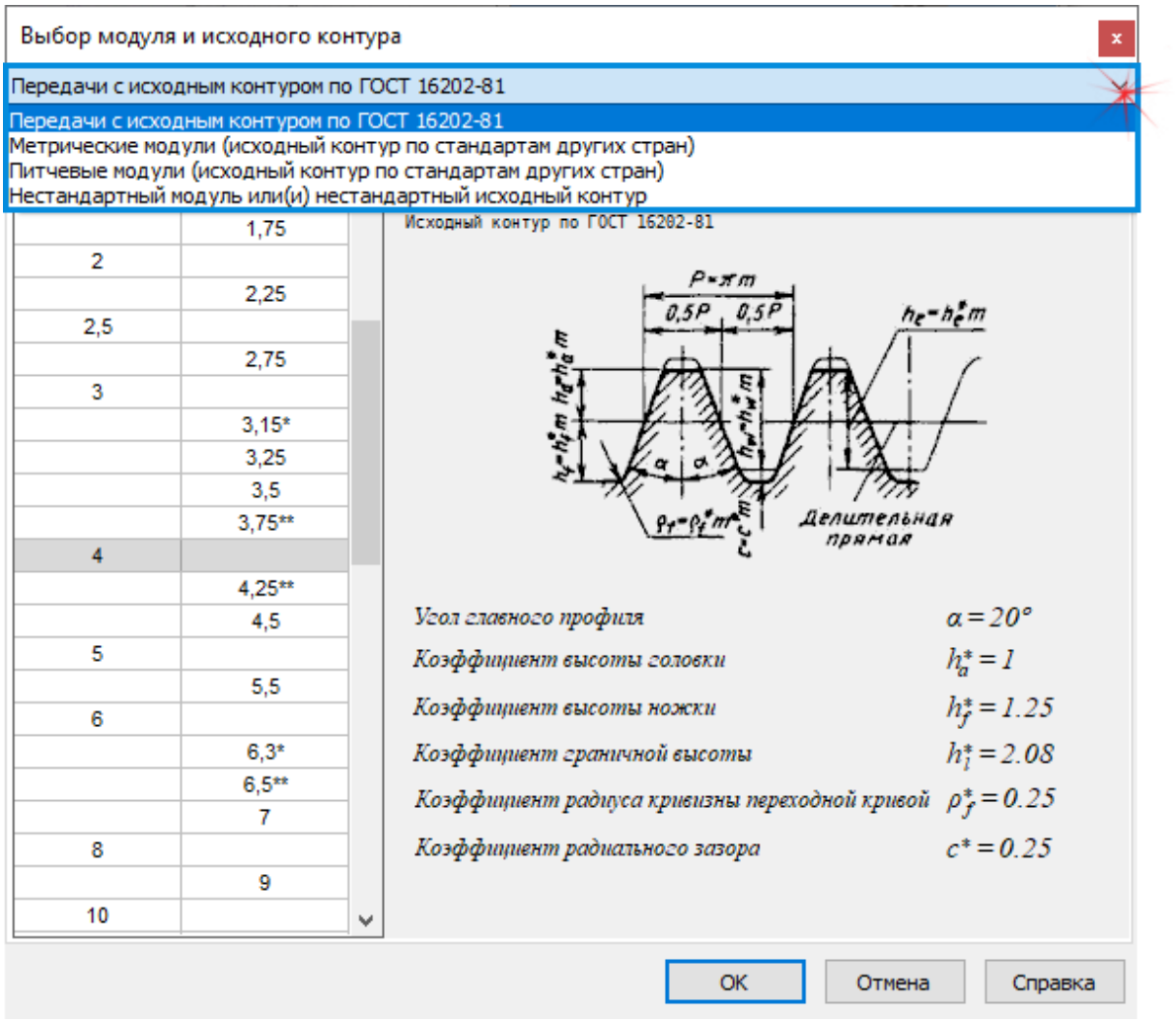
Во время выполнения расчета происходит диагностика рассчитываемой передачи по различным критериям и показателям. Результаты диагностики отображаются в области ***Ход расчета***. Если диагностируемые параметры удовлетворительны, результаты диагностики выделены зеленым цветом. Если неудовлетворительны – красным.
Чтобы получить информационное сообщение с рекомендациями по исправлению ошибок, наведите курсор мыши на неудовлетворительный результат диагностики.
Основной вывод по итогам диагностики передачи приведен в нижней части окна..

Для зубчатого колеса, спроектированного с нарушением показателей качества зацепления, могут возникнуть сложности при генерации 3D-модели.

Смотрите также раздел Варианты расчета 134.

Выбор модуля

Выбор модуля конической шестерни с круговыми зубьями осуществляется в диалоге ***Выбор модуля и исходного контура***, который открывается после нажатия кнопки ***Выбор модуля***, находящейся в окне ***Геометрический расчет***.



В верхней части окна находится раскрывающийся список, в котором перечислены варианты, доступные для выбора:

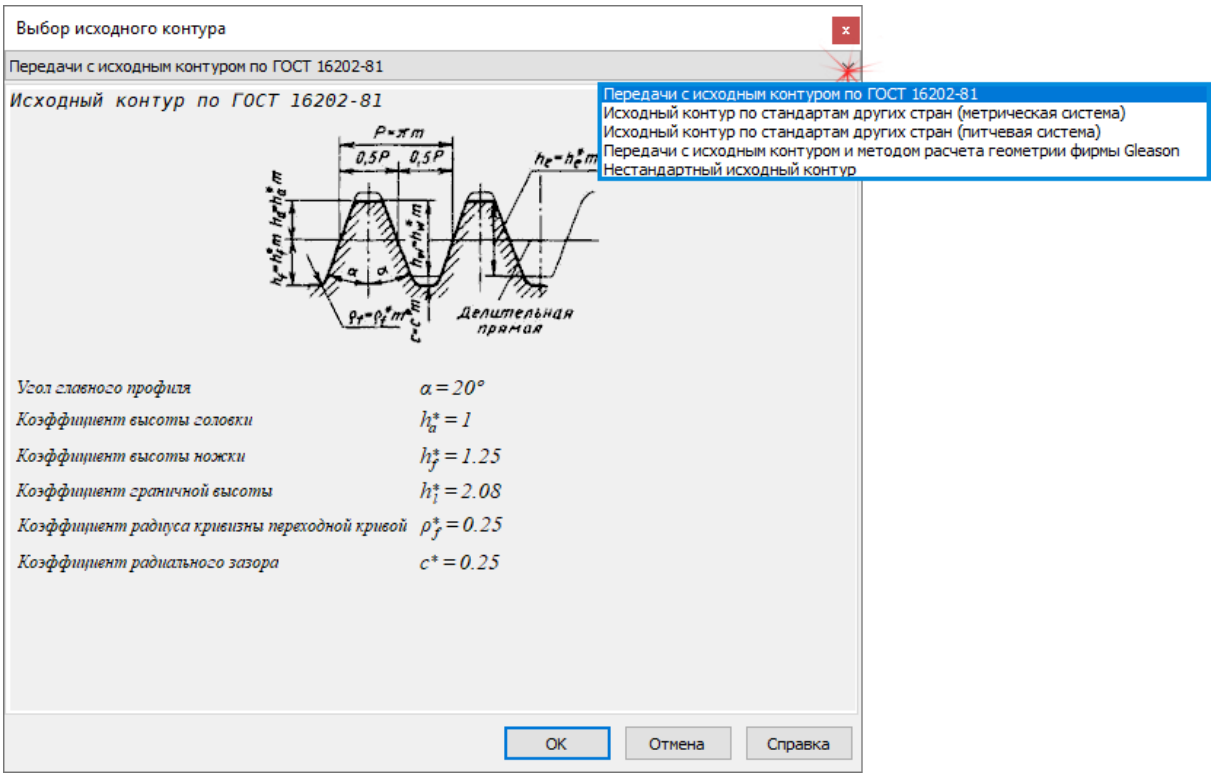
- передачи с исходным контуром по ГОСТ 16202-81;
- метрические модули (исходный контур по стандартам других стран);
- питчевые модули (исходный контур по стандартам других стран);
- нестандартный модуль или (и) нестандартный исходный контур.

1. Выберите из списка нужный стандарт. В левой части окна будет показан список возможных значений модуля. В правой части приведены:
   - список исходных контуров, доступных для выбора (для некоторых стандартов);
   - изображение исходного контура со всеми параметрами;
   - справочная информация об исходном контуре, в том числе:
     - *угол главного профиля*,
     - *коэффициента высоты головки*,
     - *коэффициент высоты ножки*;
     - *коэффициент граничной высоты*;
     - *коэффициента радиального зазора*,
     - *коэффициент радиуса кривизны переходной кривой.*
2. Щелчком мыши выберите значение модуля. В некоторых случаях вам потребуется выбрать исходный контур.

   Если вы выбрали вариант ***Нестандартный модуль или (и) нестандартный исходный контур***, введите в поле ***Модуль*** значение модуля и выберите в списке возможных значений ***Исходный контур*** стандарт на исходный контур либо вариант ***Нестандартный***.
3. Нажмите кнопку ***ОК***. Значение модуля появится в поле ***Нормальный средний модуль***. Если вы выбрали нестандартный исходный контур, введите значения его параметров в соответствующих полях.

Выбор исходного контура

Исходный контур конической передачи потребуется выбрать, если используется вариант расчета 134 передачи ***По внешнему окружному модулю***.
Выбор осуществляется в окне ***Выбор исходного контура***, который открывается после нажатия кнопки  ***Выбор исходного контура***, находящейся в окне ***Геометрический расчет*** справа от поля ***Угол профиля зацепления***.



Выберите один из вариантов исходного контура из раскрывающегося списка:

- ***Передачи с исходным контуром по ГОСТ 16202-81***;
- ***Исходный контур по стандартам других стран (метрическая система)***;
- ***Исходный контур по стандартам других стран (питчевая система)***;
- ***Передачи с исходным контуром и методом расчета геометрии фирмы Gleason***;
- ***Нестандартный исходный контур***.

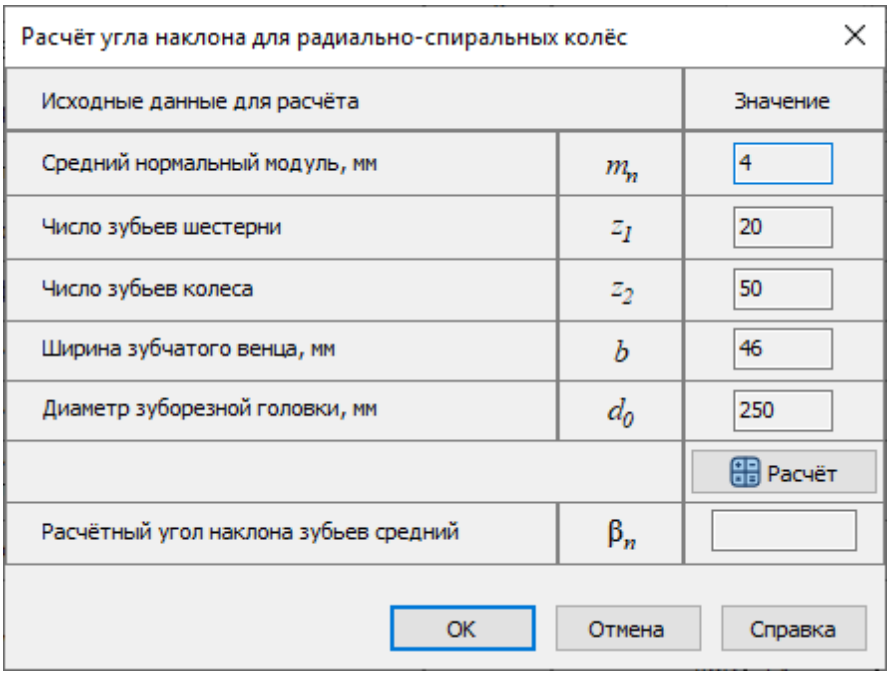
В окне появится справочная информация о выбранном исходном контуре, в том числе:

- *угол главного профиля*,
- *коэффициента высоты головки*,
- *коэффициент высоты ножки*;
- *коэффициент граничной высоты*;
- *коэффициента радиального зазора*,
- *коэффициент радиуса кривизны переходной кривой.*

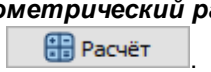
Если будет выбран вариант ***Передачи с исходным контуром и методом расчета геометрии фирмы Gleason***, геометрический расчет передачи будет выполняться с учетом методики, принятой на фирме Gleason.

Расчет угла наклона для радиально-спиральных колес

Расчет угла наклона зубьев для радиально-спиральных колес осуществляется в окне, которое открывается после нажатия кнопки ***Расчет углов наклона зубьев*** и выбора в раскрывшемся меню команды ***Расчет угла наклона для радиально-спиральных колес***.



В качестве исходных данных для расчета угла наклона приведены значения параметров конической передачи, введенные в окне ***Геометрический расчет***.

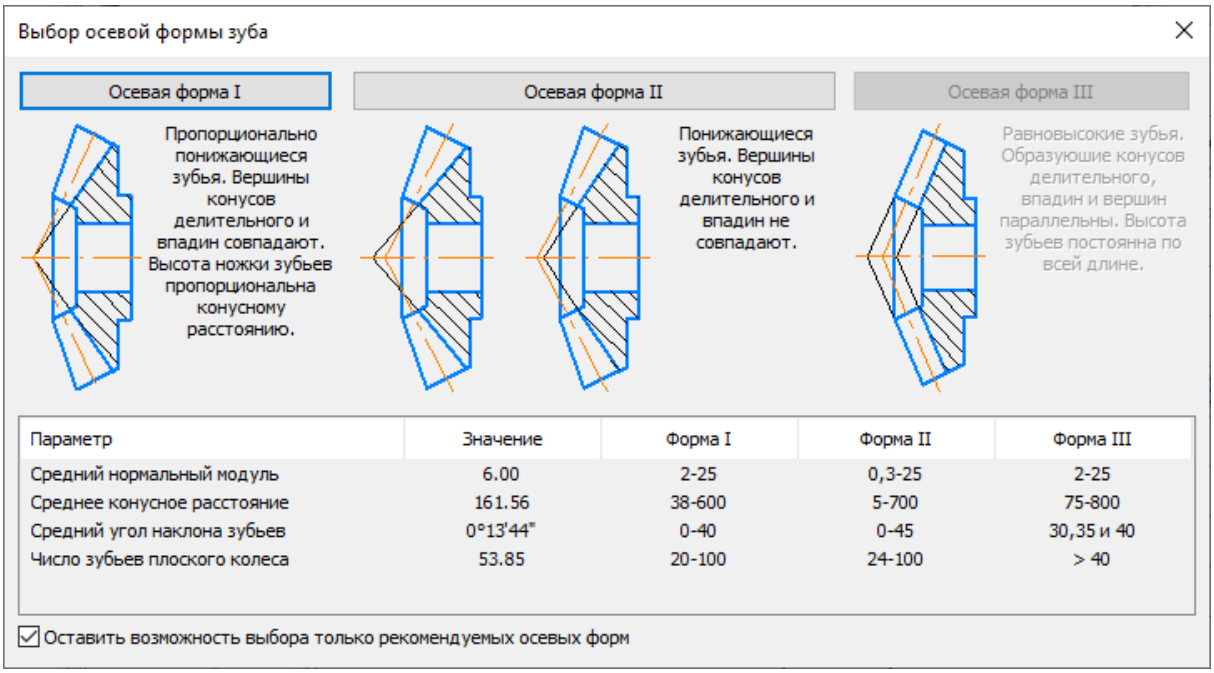
Для выполнения расчета нажмите кнопку 

. Результат расчета появится в поле ***Расчетный угол наклона зубьев средний***.

Нажмите кнопку ***ОК***. Рассчитанное значение угла появится в окне ***Геометрический расчет*** в поле ***Угол наклона зубьев средний***.

Осевая форма зуба

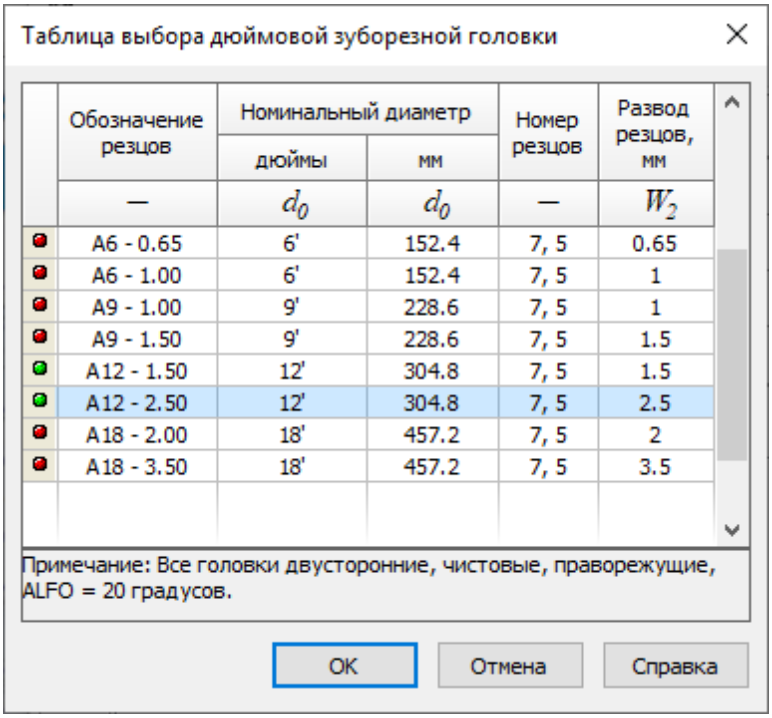
При выборе осевой формы зуба следует обратить внимание на удовлетворение расчетных значений табличным ограничениям, существующим для соответствующих форм зуба.
Для упрощения выбора включите опцию ***Оставить возможность выбора только рекомендуемых осевых форм***.



Тип и параметры зуборезной головки

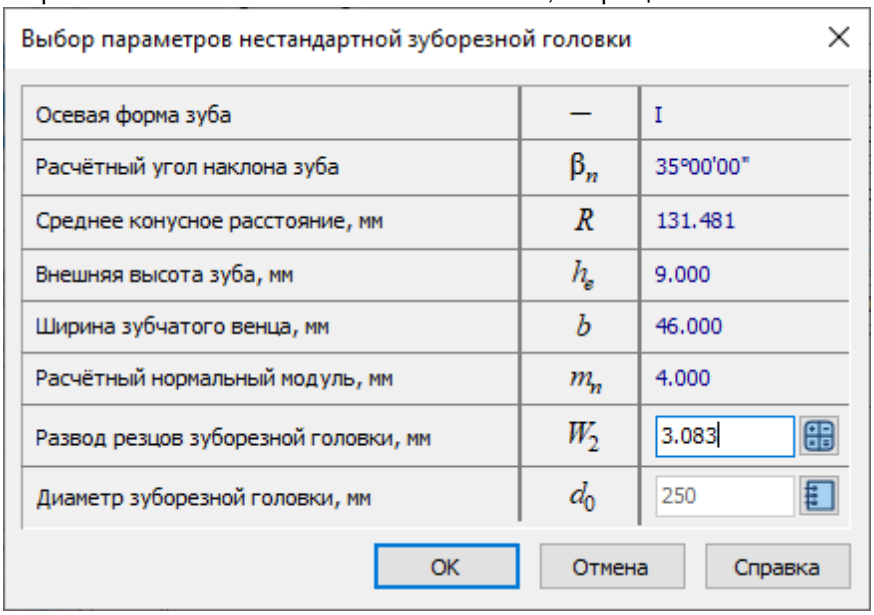
Тип и параметры зуборезной головки могут быть выбраны:

- из ограниченных комплектов (дюймовые или метрические);
- из полного комплекта.



В случае выбора из ограниченного комплекта будет отображен полный список головок из этого комплекта с отметками о допустимости применения каждой из головок.

Разрешенные к применению головки отмечены значком , запрещенные – значком .



В случае выбора из полного комплекта в специальном диалоге необходимо будет ввести развод резцов и диаметр зуборезной головки.

Особенности ввода данных:

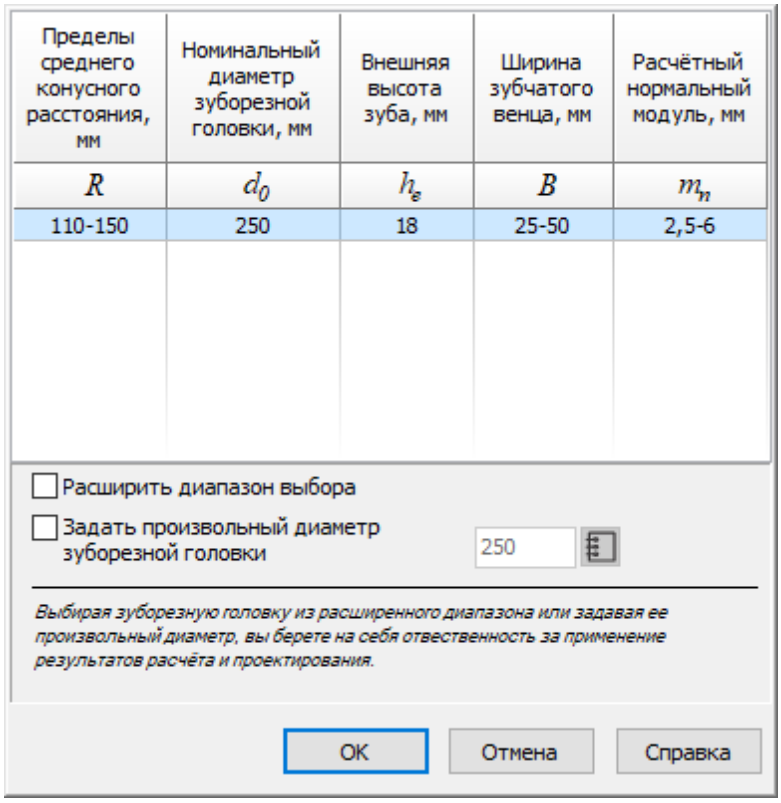
- **развод резцов зуборезной головки**;

  Вводится только при одностороннем методе обработки.
  Может быть рассчитан автоматически по рекомендациям ГОСТ 11902-77. Чтобы выполнить расчет, нажмите кнопку .

Mn	0.4	0.45	0.5	0.55	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	
W2	0.2	0.25		0.32		0.4		0.5	0.6	
Mn	1.25	1.375	1.5	1.75	2.0	2.25	2.5		2.75	
W2	0.8	0.9	1.0	1.1	1.3	1.4	1.6		1.8	
Mn	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	7.0	8.0	
W2	2.0	2.2	2.6	2.8	3.2	3.6	4.0	4.6	5.2	
Mn	9	10	11	12	14	16	18	20	22	25
W2	6	6.5	7	8	9	10	12	13	14	16

- **диаметр зуборезной головки**.

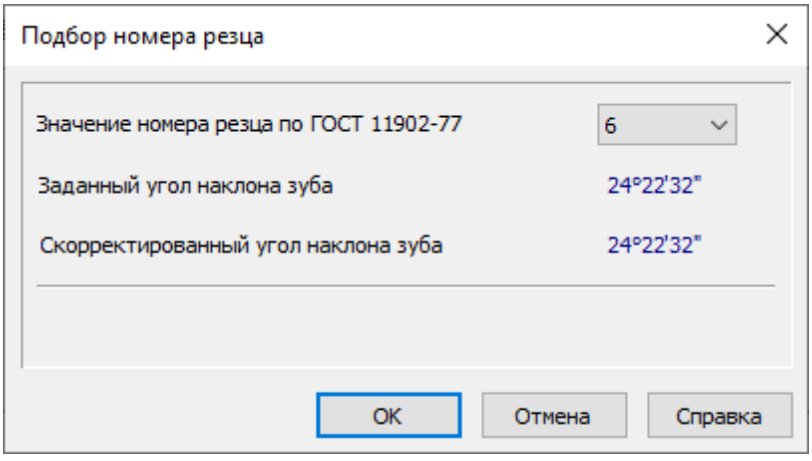
  Выбор диаметра зуборезной головки осуществляется в окне, которое открывается после нажатия кнопки .



По умолчанию в окне отображается список головок, удовлетворяющих всем ограничивающим условиям. Чтобы увидеть другие варианты, включите опцию ***Расширить диапазон выбора***.

Чтобы задать нестандартный диаметр зуборезной головки, включите опцию ***Задать произвольный диаметр зуборезной головки***. Поле ввода значения станет активным. Введите нужное значение вручную либо нажмите кнопку  и выберите нужное значение в раскрывшемся списке.

Выбирая зуборезную головку из расширенного диапазона или задавая ее произвольный (нестандартный) диаметр, вы берете на себя ответственность за использование полученных результатов расчета и проектирования.



Если выбран многономерный способ обработки, то перед выбором зуборезной головки в специальном диалоге осуществляется подбор номера резца по ГОСТ 11902-77.

В зависимости от выбранного номера резца будет скорректирован угол наклона зубьев.

Если выбран вариант расчета[134] ***По внешнему окружному модулю***, то после нажатия в окне ***Выбор параметров нестандартной зуборезной головки*** кнопки ***ОК*** откроется окно ***Подбор-расчет исходных данных под заданный развод резцов***[148].

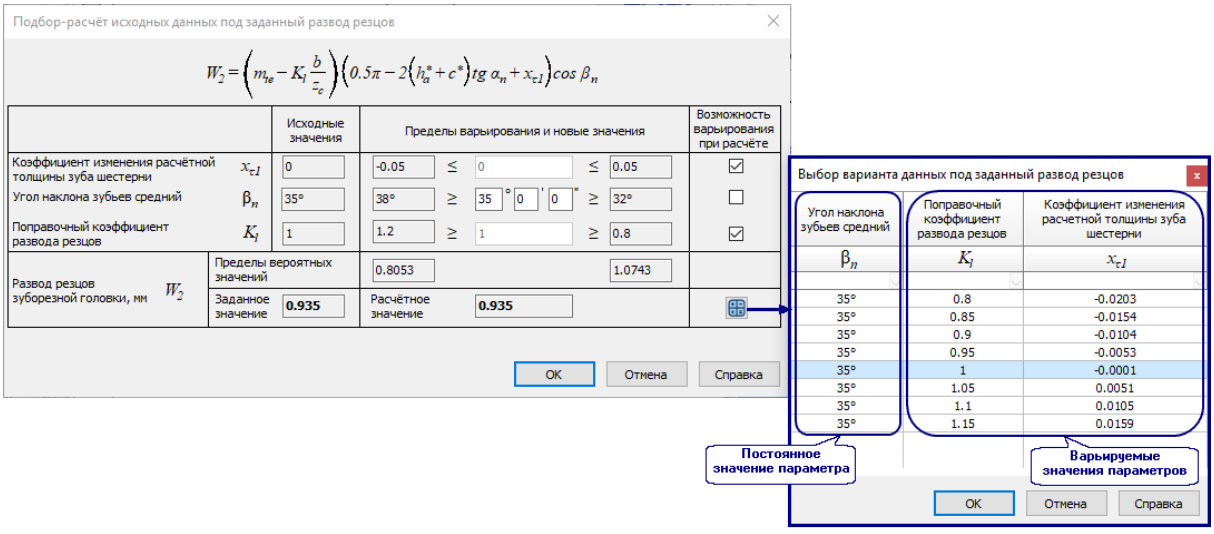
Подбор-расчёт исходных данных под заданный развод резцов

Окно ***Подбор-расчёт исходных данных под заданный развод резцов*** появляется после выбора параметров зуборезной головки[145], если выбран вариант геометрического расчета[134] ***По внешнему окружному модулю***.

В верхней части окна показана формула, по которой рассчитывается величина развода резцов зуборезной головки. Также в окне приведены:

- исходные значения параметров, обеспечивающие заданный развод резцов;
- пределы варьирования значений параметров, обеспечивающих величину развода резцов, которая укладывается в диапазон возможных значений.

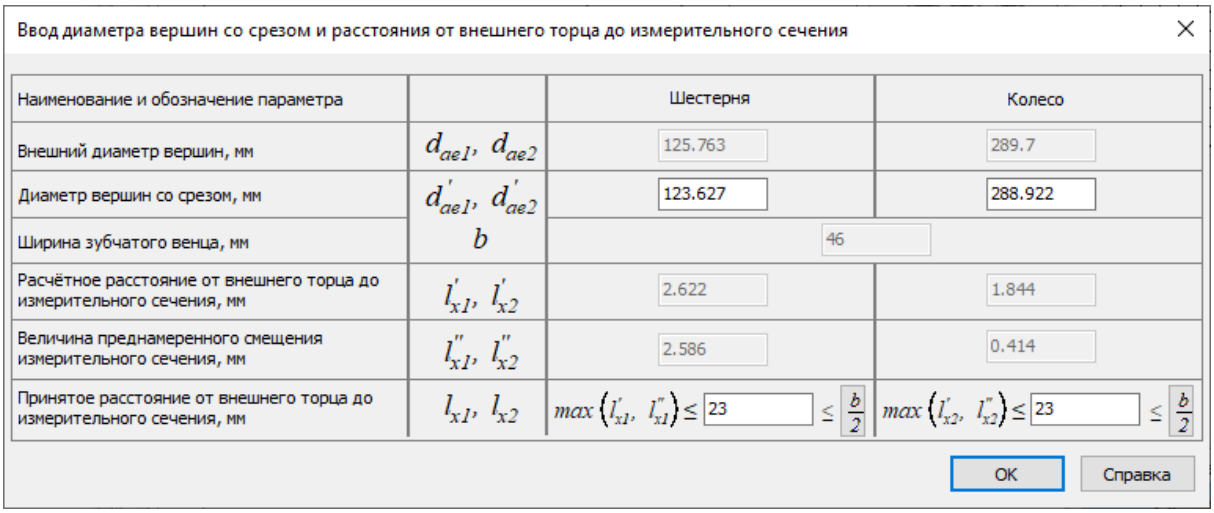
1. Чтобы при подборе-расчёте иметь возможность варьировать значения какого-либо параметра, в ячейке ***Возможность варьирования при расчете***, соответствующей этому параметру, установите флажок.
2. Нажмите кнопку ***Выполнить подбор-расчёт***. Откроется окно ***Выбор варианта данных под заданный развод резцов***, в котором перечислены возможные значения параметров, обеспечивающие заданный развод резцов. Выделите нужную строку и нажмите кнопку ***ОК*** либо дважды щелкните левой клавишей мыши по нужной строке. Окно закроется, значения параметров появятся в столбце ***Пределы варьировая и новые значения***.
3. Нажмите кнопку ***ОК***.

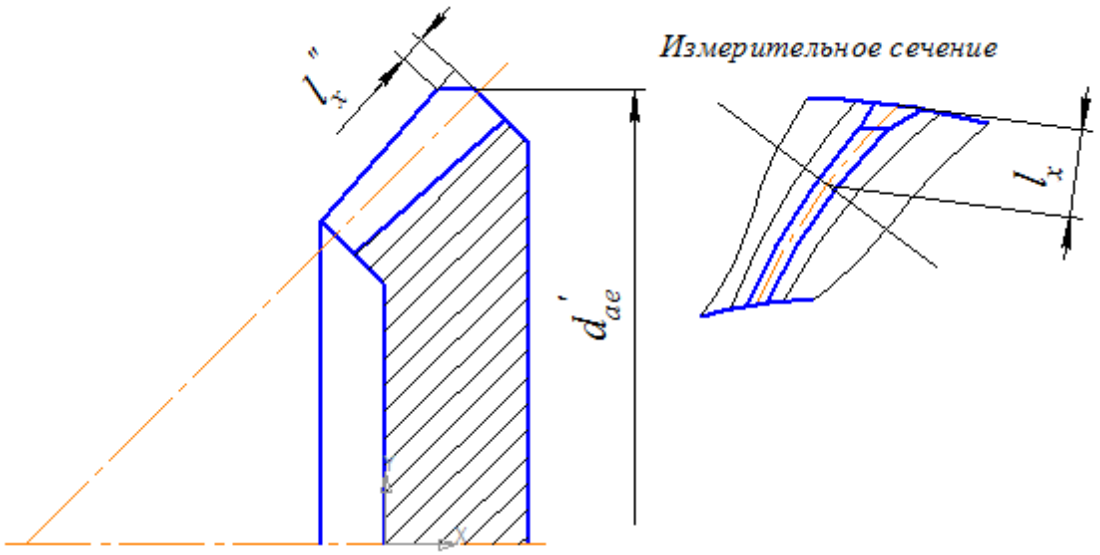


Ввод диаметра вершин со срезом

Диалог ***Ввод диаметра вершин со срезом и расстояния от внешнего торца до измерительного сечения*** появляется в процессе выполнения геометрического расчета конической передачи.

1. Введите в поля ***Диаметр вершин со срезом*** нужные значения диаметров для шестерни и колеса. Значения параметра ***Величина преднамеренного смещения измерительного сечения*** будут рассчитаны автоматически.
2. Введите в поля ***Принятое расстояние от внешнего торца до измерительного сечения*** нужные значения, руководствуясь рекомендациями, приведенными возле полей ввода. Для ввода значения, равного половине ширины зубчатого венца, нажмите кнопку $\frac{b}{2}$.
3. Нажмите кнопку ***ОК***. Расчет будет продолжен.





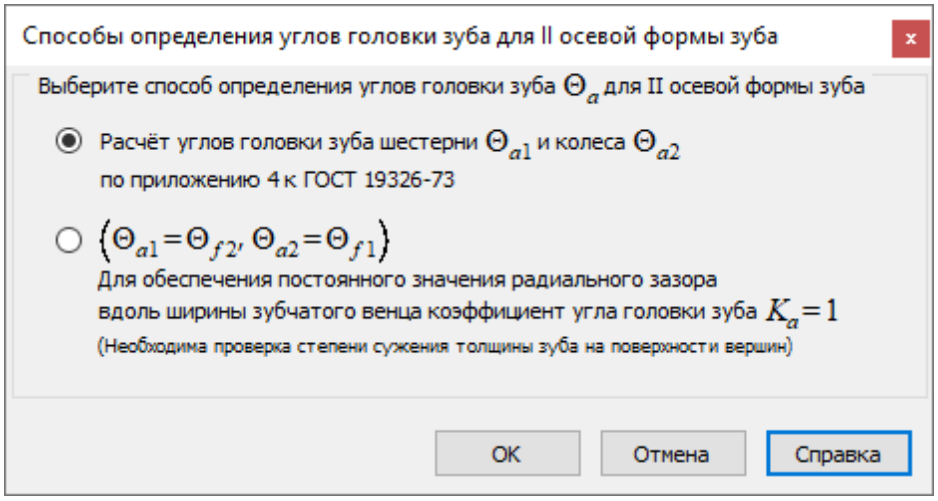
Способы определения углов головки зуба

Если для расчета выбрана II осевая форма зуба, то потребуется выбрать способ определения углов головки зуба.

Выбор способа осуществляется в диалоге, который появляется после нажатия кнопки  ***Способы определения углов головки зуба для II осевой формы зуба***, расположенной на панели инструментов ***Страницы 2*** окна ***Геометрический расчет***134.

Углы могут быть:

- рассчитаны по приложению 4к ГОСТ 19326-73 «Передачи зубчатые конические с круговыми зубьями. Расчет геометрии» – первый вариант;
- приняты равными углу ножки зуба сопряженного колеса – второй вариант.



Расчет на прочность

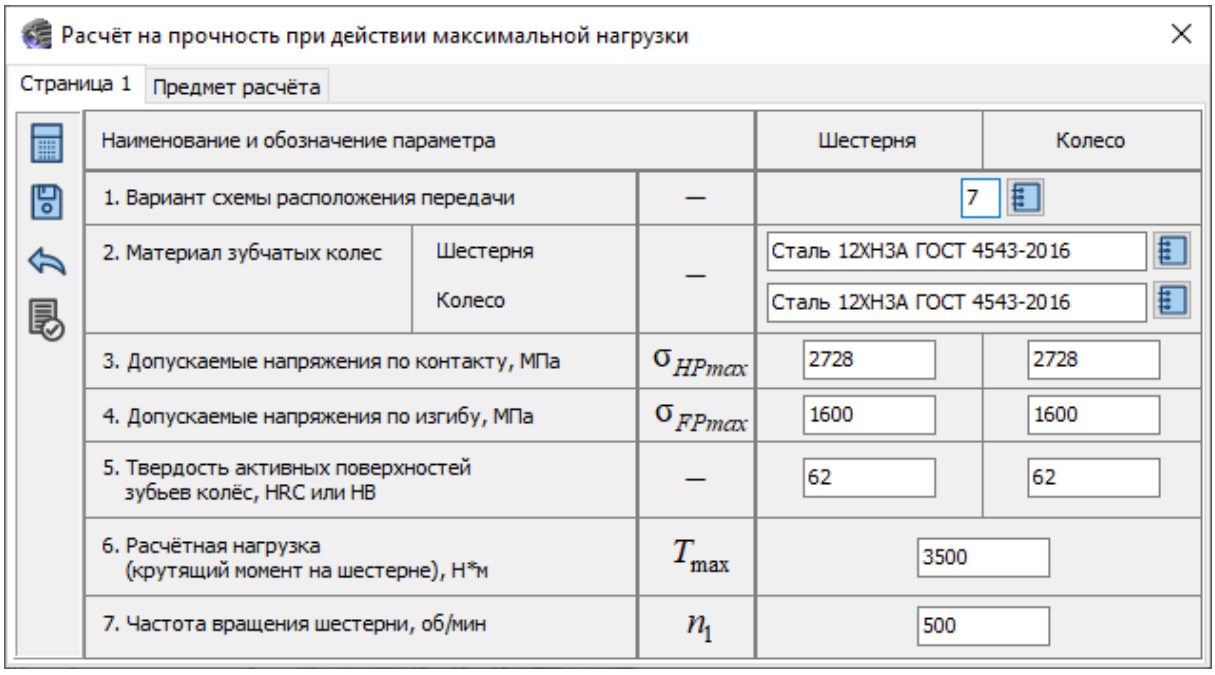
Описание расчета 150;
Выбор схемы расположения передачи 152.

Описание расчета

Цель выполнения расчета на прочность – определение коэффициенты запаса по контактным напряжениям и напряжениям изгиба.
Расчет на прочность зубчатых колес внешнего зацепления при действии максимальной нагрузки выполняется по ГОСТ 21354-87 «Передачи зубчатые цилиндрические эвольвентные внешнего зацепления. Расчет на прочность».

Поля ввода исходных данных располагаются на одной странице. Данные на странице ***Предмет расчета*** (описательная информация о расчете) постоянны для всех расчетов передачи (геометрия, прочность, долговечность).

Введите исходные данные на ***Странице 1***.



Особенности ввода некоторых данных:

- **вариант схемы расположения передачи**;

  Выбор осуществляется в специализированном диалоге[49], который открывается после нажатия кнопки .

- **материал зубчатых колес**;

  Выбор осуществляется в специализированном диалоге, который открывается после нажатия кнопки .

  Введите значение вручную или нажмите кнопку . Загрузится *Модуль выбора материалов*, с помощью которого вы сможете выбрать материал зубчатого колеса и определить механические свойства этого материала.

- **допускаемые напряжения по контакту** $\sigma_{HP\,max}$;

  Значение определяется автоматически, если материал был выбран из *Модуля материалов*.

  Для зубьев, подвергнутых нормализации, улучшению или закалке:

  $$\sigma_{HP\,max} = 2{,}8\sigma_T,$$

  где σ_T - предел текучести материала при растяжении, МПа.

  Для зубьев цементованных:

  $$\sigma_{HP\,max} = 40H_{HRC},$$

  где H_{HRC} - твердость поверхности зуба в единицах Роквелла.

  Для зубьев азотированных:

  $$\sigma_{HP\,max} = 3H_{HV},$$

где H_{HV} - твердость поверхности зуба в единицах Виккерса.

- **допускаемые напряжения по изгибу** σ_{FPM};

  Значение определяется автоматически, если материал был выбран из *Модуля материалов*.

  Для легированных и углеродистых сталей при нормализации или улучшении:

$$\sigma_{FPM} = \frac{\sigma_{F\lim M}}{S_{FM}} = \frac{4,8 H_{HB}}{1,75},$$

  где H_{HB} - твердость поверхности зуба в единицах Бринелля.

  Для легированных сталей, содержащих никель более 1%, при цементации:

$$\sigma_{FPM} = \frac{\sigma_{F\lim M}}{S_{FM}} = \frac{2650}{1,75} = 1514,3 МПа$$

- **твердость активных поверхностей зубьев**;

  Значение определяется автоматически, если материал был выбран из *Модуля материалов*.

- **расчетная нагрузка**.

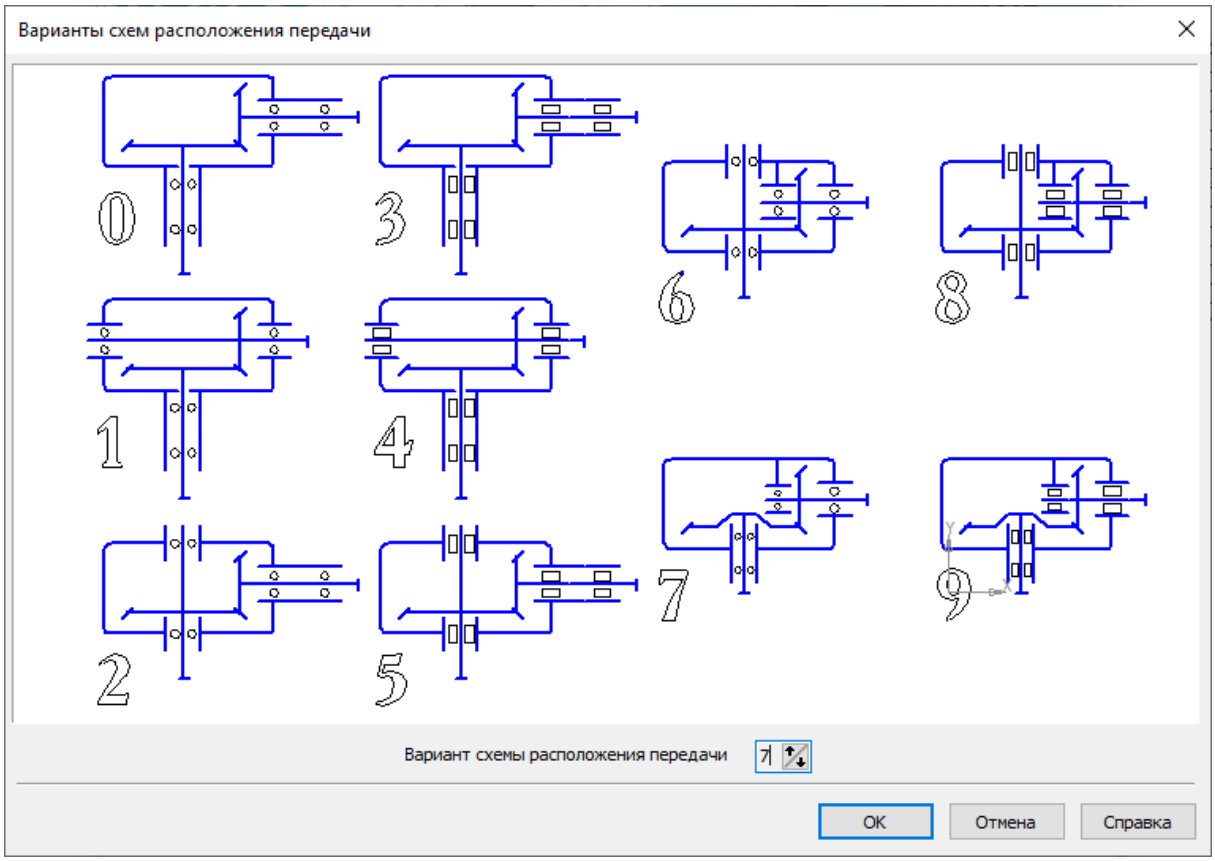
  Задается на шестерне.

Для управления расчетом и данными используйте кнопки инструментальной панели.

После выполнения расчета его результаты будут представлены в виде отчета и показаны в окне ***Результаты расчета***.

Выбор схемы расположения передачи

Чтобы выбрать схему расположения передачи из предлагаемых вариантов, укажите номер схемы в поле ввода или щелкните мышью на изображении этой схемы (например, рядом с цифрой на рисунке).



Расчет на долговечность

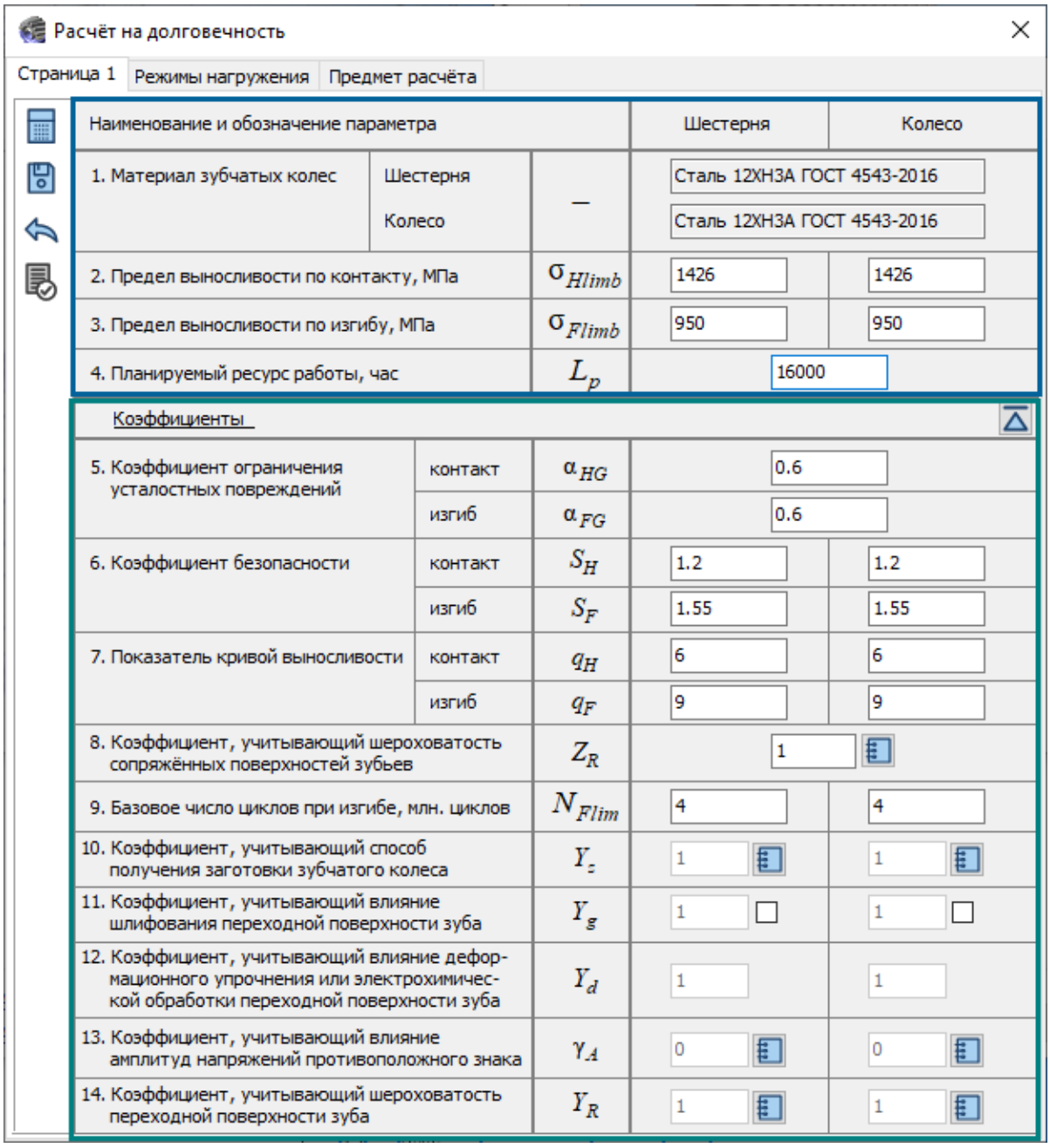
Цель выполнения расчета на долговечность – определение контактной долговечности и долговечности при изгибе (т.е. определяется ресурс в часах, а также эквивалентные контактные и изгибные напряжения). Расчет производится по методу эквивалентных напряжений.

Поля ввода исходных данных располагаются на двух страницах. Данные на странице ***Предмет расчета*** (описательная информация о расчете) постоянны для всех расчетов передачи (геометрия, прочность, долговечность).

Введите данные на ***Странице 1***. Страница условно разделена на две области (панели):

- ***Параметры*** – предназначена для ввода значений параметров, необходимых для расчета;
- ***Коэффициенты*** – предназначена для ввода значений коэффициентов.

По умолчанию панель ***Коэффициенты*** скрыта. Чтобы раскрыть ее, щелкните мышью по названию панели ***Коэффициенты*** или нажмите кнопку ***Показать панель с коэффициентами***. Повторный щелчок мышью по названию панели или нажатие кнопки ***Скрыть панель с коэффициентами*** приведет к тому, что панель ***Коэффициенты*** будет скрыта.



Особенности ввода некоторых данных на первой странице:

- **предел выносливости по контакту** $\sigma_{H lim b}$;

  Значение определяется автоматически, если материал был выбран из *Модуля материалов*.

  При HB < 350, нормализации или улучшении:

  $$\sigma_{H lim b} = 2 H_{HB} + 70,$$

  При HRC > 56, цементации или нитроцементации:

  $$\sigma_{H lim b} = 23 H_{HRC}$$

- **предел выносливости по изгибу** $\sigma^{o}_{f\,lim b}$;

  Значение определяется автоматически, если материал был выбран из *Модуля материалов*.

  Предел выносливости по изгибу, соответствующий базовому числу циклов перемены напряжений, принимается по таблице ГОСТ 21354-87 в зависимости от марки материала и вида термообработки.

- **коэффициент ограничения усталостных повреждений по контакту и изгибу**;

  Значение определяется автоматически, если материала был выбран из *Модуля материалов*. По умолчанию 0,6. При необходимости значение коэффициента можно изменить. Диапазон возможных значений – 0,6…0,75.

- **коэффициент запаса прочности (безопасности) по контакту SH**;

  Значение определяется автоматически, если материал был выбран из *Модуля материалов*.

  Для зубчатых колес с однородной структурой материала ***SH=1,1***. Для зубчатых колес с поверхностным упрочнением ***SH=1,2***.

  Для передач, выход из строя которых связан с тяжелыми последствиями, рекомендуется приведенные значения увеличивать до ***1,25*** и ***1,35*** соответственно.

- **коэффициент запаса прочности (безопасности) по изгибу SF**;

  Значение определяется автоматически, если материал был выбран из *Модуля материалов*.

  Коэффициент учитывает нестабильность свойств материала зубчатых колес и ответственность зубчатой передачи. Выбирается в зависимости от марки материала, способа термической и химико-термической обработки и заданной вероятности неразрушения по таблице ГОСТ 21354-87:

  - для сталей 18ХГТ, 12Х2Н4А, 20Х2Н4А, 12ХН3А, 20ХН3А, 30ХН3А (цементация) - ***SF=1,55***;
  - для сталей 38ХС, 45Х, 45 (нормализация, улучшение) - ***SF=1,75***.

- **показатель кривой выносливости qH**;

  Значение определяется автоматически, если материал был выбран из *Модуля материалов*. Начальные значения принимаются:

  - по контакту - ***qH*** = 6,
  - по изгибу:
    - ***qF*** = 6 - для колес с твердостью поверхности зубьев HB < 350, а также для колес, закаленных при нагреве ТВЧ с обрывом закаленного слоя у переходной поверхности, и зубчатых колес со шлифованной переходной поверхностью независимо от твердости и термообработки;
    - ***qF*** = 9 - для колес с нешлифованной переходной поверхностью при твердости поверхности зубьев HB > 350 и чугунных колес.

- **коэффициент, учитывающий шероховатость сопряженных поверхностей зубьев**;

  Определяется по тому из сопряженных колес, зубья которого имеют более грубые поверхности, т.е. в зависимости от класса шероховатости поверхности. Для ввода значений

нажмите кнопку ***Выбор коэффициента*** и дважды щелкните мышью по нужной строке в открывшейся таблице.

По умолчанию задается 1,0.

- **базовое число циклов при изгибе**;

  По умолчанию задается **NFO= 4** млн.циклов.

- **коэффициент, учитывающий способ получения заготовки зубчатого колеса**;

  Для ввода значений нажмите кнопку ***Выбор коэффициента*** и дважды щелкните мышью по нужной строке в открывшейся таблице.

- **коэффициент, учитывающий влияние шлифования переходной поверхности зуба**;

  Чтобы учитывать этот коэффициент для шестерни и (или) колеса, включите опции, расположенные справа от полей ввода.

  Для зубчатых колес с нешлифованной переходной поверхностью зубьев коэффициент принимают равным 1, со шлифованной – 0,75.

- **коэффициент, учитывающий влияние деформационного упрочнения или электрохимической обработки переходной поверхности зуба**;

  Для зубчатых колес без деформационного упрочнения или электрохимической обработки переходной поверхности коэффициент принимают равными 1.

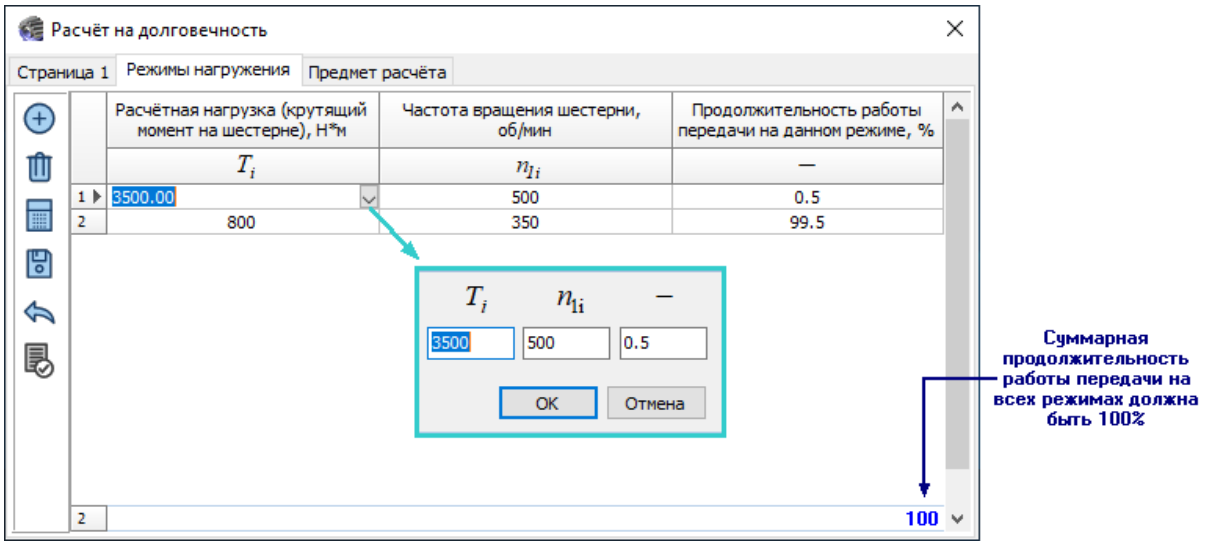
- **коэффициент, учитывающий влияние амплитуд напряжений противоположного знака**;

  Если элементы передачи испытывают знакопеременную нагрузку, то при расчете необходимо ввести коэффициент, значение которого определяется автоматически, в зависимости от свойств материала. Для ввода значений коэффициента нажмите кнопку ***Выбор коэффициента*** и дважды щелкните мышью по нужной строке в открывшейся таблице.

- **коэффициент, учитывающий шероховатость переходной поверхности зуба**.

  Для ввода значений коэффициента нажмите кнопку ***Выбор коэффициента*** и дважды щелкните мышью по нужной строке в открывшейся таблице.

Введите данные на странице ***Режимы нагружения***.



Для управления списком режимов нагружения используйте кнопки панели инструментов.
Чтобы ввести или отредактировать значения параметров режима нагружения, выделите нужную строку и щелкните левой клавишей мыши в ячейке с любым параметром. В правой части ячейки появится кнопка с треугольником. Нажмите ее и введите значения параметров режима нагружения в открывшемся окне.

После выполнения расчета его результаты будут представлены в виде отчета и показаны в окне ***Результаты расчета***.

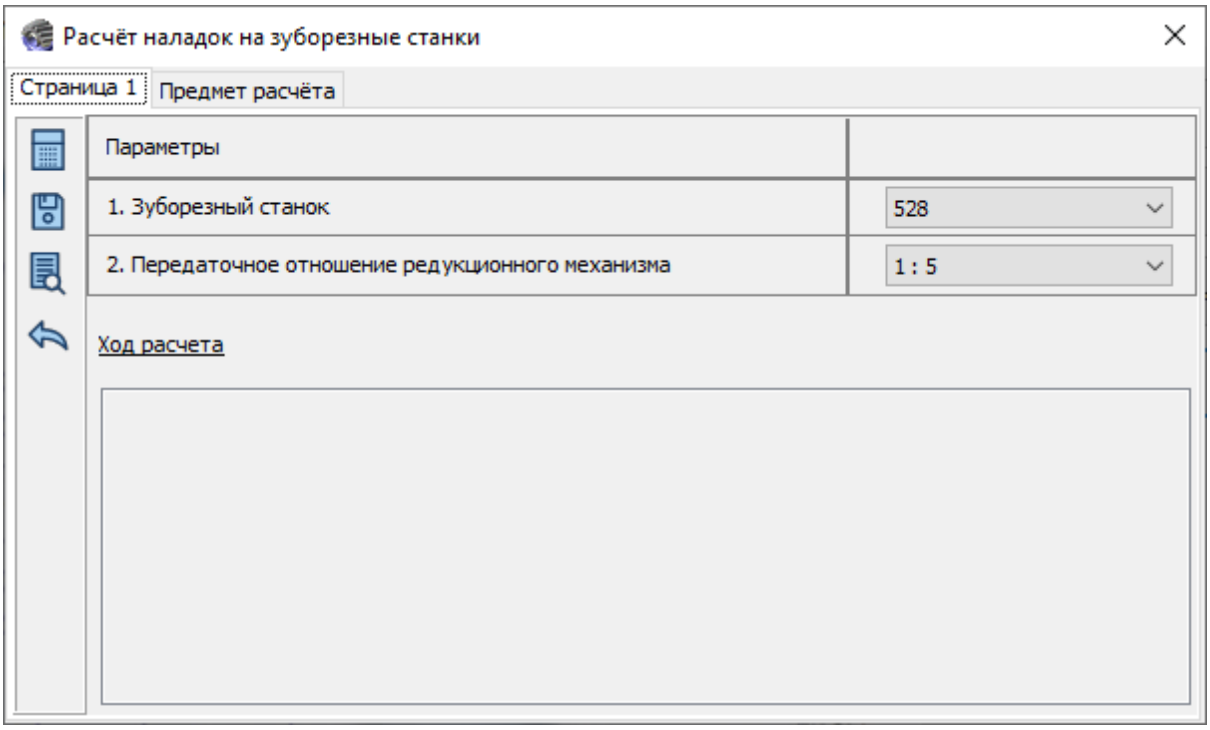
В ряде случаев в отчете с результатами расчета могут отображаться значения ресурса по контакту и изгибу равные «999999». Это означает, что ресурс передачи практически бесконечен. Как правило, такой результат является следствием несущественных значений эквивалентных напряжений. Подробная информация о коэффициентах ограничения усталостных повреждений содержится в ГОСТ 21354-87 на странице 66 (Приложение 3 «Методы учета нагрузок, изменяющихся во времени», пункт 3 «Метод эквивалентных напряжений»).

Расчет наладок

Средствами *Модуля* может быть выполнен расчет наладок на зуборезные станки, используемые для нарезания конических колес с круговыми зубьями.

В настоящей версии *Модуля КОМПАС-GEARS* расчет наладок осуществляется в тестовом режиме. В связи с этим ответственность за использование полученных результатов расчета полностью лежит на пользователе.

Введите данные, необходимые для расчета: модель станка и передаточное отношение редукционного механизма (при необходимости).



Для управления расчетом и данными используйте кнопки инструментальной панели.

По ходу выполнения расчета в последовательно открывающихся диалогах вам предстоит подобрать номер резца и ввести значения параметра *Развод резцов* при нарезании шестерни и колеса.

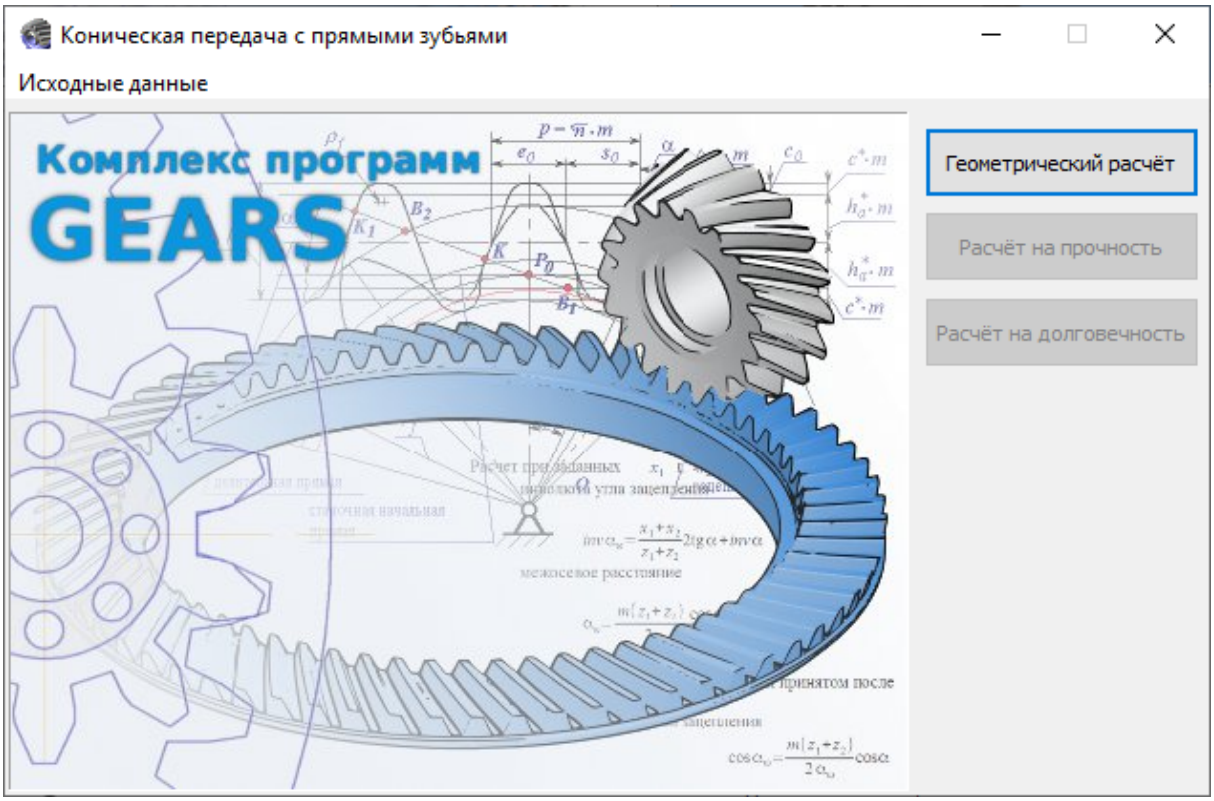
Коническая передача с прямыми зубьями

Средствами модуля *КОМПАС-GEARS* могут быть рассчитаны зубчатые конические передачи с прямыми пропорционально понижающимися зубьями внешнего зацепления с внешним окружным модулем более 1 мм, с межосевыми углами от 10° до 170° и с прямолинейным профилем исходного контура.

В основу расчета положены методики ГОСТ 19624-74 «Передачи зубчатые конические с прямыми зубьями. Расчет геометрии», справочника «Зубчатые передачи» (под ред. Е.Г.Гинзбурга) и методики, разработанные в расчетно-вычислительном центре акционерного общества «Специальное конструкторское бюро машиностроения» (г.Курган).

Предусмотрено три вида расчетов, выполняемых последовательно:

- геометрический расчет 159;
- расчет на прочность 167;
- расчет на долговечность 171.



Если предстоит рассчитать модель элемента механических передач уже созданную в системе *Валы и механические передачи 2D*, геометрические параметры этого элемента будут автоматически переданы в *Модуль расчетов механических передач*.

Линейные размеры задаются в миллиметрах, а угловые - в градусах, минутах, секундах.

Исходные данные для расчета могут быть сохранены в файле формата **.gear_stb_dat* при помощи команд строки меню ***Исходные данные***[365] или непосредственно при выполнении расчетов. Впоследствии сохраненные данные можно будет загружать для расчета в модуль *КОМПАС-GEARS*.

Нажмите в окне ***Расчеты конической передачи с прямыми зубьями*** кнопку, соответствующую виду расчета.

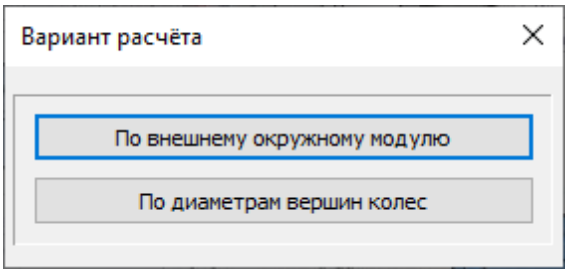
Геометрический расчет

Варианты расчета[159];

Описание расчета[160].

Варианты расчета

Выберите необходимый вариант задания исходных данных:



Задан внешний окружной модуль.

Заданы диаметры вершин колес *da1*, *da2*.

Этот вариант является «ремонтным» и применяется в случае необходимости изготовить зубчатую пару взамен изношенной, при отсутствии данных о ее геометрических параметрах (неизвестен модуль). Исходными данными в таком случае будут числа зубьев и внешний диаметр вершин колеса. После первичного расчета будет определен приближенный средний нормальный модуль передачи, который при повторном расчете может быть приближен к стандартному значению.

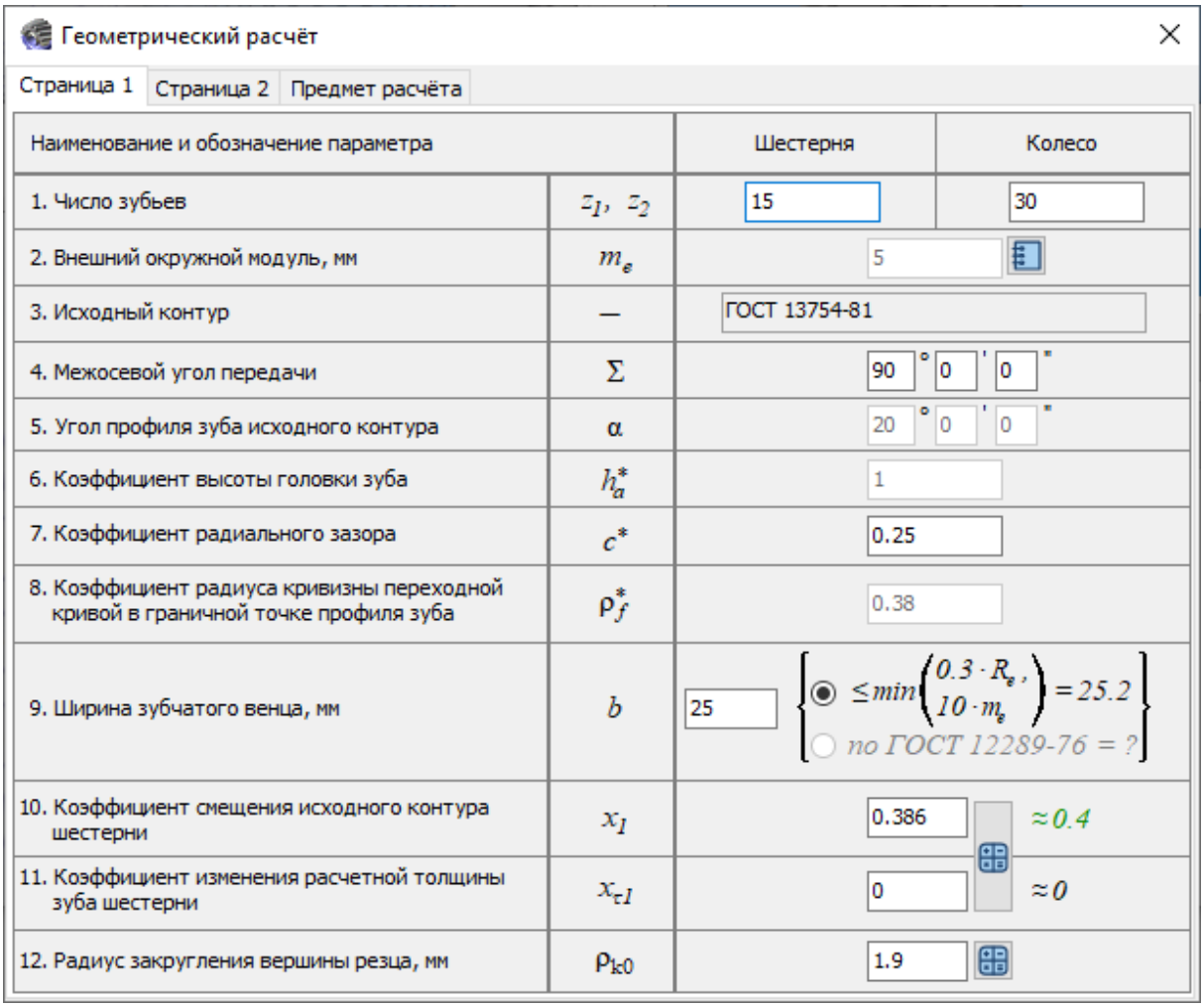
Описание расчета

Цели выполнения геометрического расчета:

- определение основных параметров зубчатых колес;
- определение размеров для контроля;
- проверка качества зацепления по геометрическим показателям.

Расчет выполняется по ГОСТ 19624-74 «Передачи зубчатые конические с прямыми зубьями. Расчет геометрии».

Поля ввода исходных данных располагаются на двух страницах. Перейти на вторую страницу и выполнить расчет вы сможете только после ввода всех данных на первой странице. Данные на странице ***Предмет расчета*** (описательная информация о расчете) постоянны для всех расчетов передачи (геометрия, прочность, долговечность).



Введите данные на ***Странице 1***.

Особенности ввода некоторых данных на первой странице:

- **внешний окружной модуль**;

  Значения модуля стандартизованы. Чтобы выбрать модуль, нажмите кнопку ***Выбор модуля***, расположенную справа от поля ***Внешний окружной модуль***, и выполните необходимые действия в открывшемся окне ***Выбор модуля и исходного контура*** 164. Значение модуля появится в соответствующем поле ввода, информация об исходном контуре – в поле ***Исходный контур***.

- **параметры стандартного исходного контура**;

  Поля, соответствующие параметрам исходного контура,

  - ***Угол профиля***,
  - ***Коэффициента высоты головки зуба***,
  - ***Коэффициента радиального зазора***,
  - ***Коэффициента радиуса кривизны переходной кривой***

будут заполнены автоматически. Значения параметров будут зависеть от выбранного модуля и стандарта на исходный контур. Некоторые значения доступны для редактирования. Если навести курсор на поле ввода редактируемого значения, появится подсказка, в которой указан диапазон его возможных значений.

- **ширина зубчатого венца**;

  В соответствии с ГОСТ 19624-74 «Передачи зубчатые конические с прямыми зубьями. Расчет геометрии» при вводе ширины зубчатого венца проверяется соответствие ширины венца модулю и конусному расстоянию.

  B < 0,3 * Re,

  B < 10 * Mte,

  где ***B*** - ширина венца,

  Re - внешнее конусное расстояние,

  Mte - внешний окружной модуль.

  При нажатии клавиши <***F3***> выполняется подстановка в поле ввода допускаемого значения ширины венца.

  Также при вводе ширины можно пользоваться таблицей, приведенной в ГОСТ 12289-76 «Передачи зубчатые конические».

- **коэффициент смещения исходного контура шестерни**;

  Значение коэффициента, рекомендуемое ГОСТ 19624-74, отображается справа от поля ввода. Если это значение отличается от значения, отображаемого в поле ввода, то рекомендуемое значение выделено зеленым цветом.
  Для подстановки в поле ввода рекомендуемого значения нажмите клавишу <***F3***> или кнопку  .

- **коэффициент изменения расчетной толщины зуба шестерни**;

  Значение коэффициента, рекомендуемое ГОСТ 19624-74, отображается справа от поля ввода. Если это значение отличается от значения, отображаемого в поле ввода, то рекомендуемое значение выделено зеленым цветом.
  Для подстановки в поле ввода рекомендуемого значения нажмите клавишу <***F3***> или кнопку  .

- **радиус закругления вершин резца**.

  Для вычисления и подстановки значения в поле ввода нажмите клавишу <***F3***> или кнопку  .

  При нажатии клавиши <***F10***> в поля ввода автоматически будут подставлены рекомендуемые значения:

  - ширины зубчатого венца;
  - коэффициента смещения исходного контура шестерни;
  - коэффициента изменения расчетной толщины зуба шестерни;
  - радиуса закругления вершин резца.

Введите степень точности зубчатых колес на ***Странице 2***.

Крупномодульные передачи.

При назначении степени точности конических передач необходимо руководствоваться следующими положениями.

1. Согласно ГОСТ 1758-81 «Основные нормы взаимозаменяемости. Передачи конические и гипоидные. Допуски» для конических и гипоидных зубчатых передач внешнего зацепления с прямыми, тангенциальными и криволинейными зубьями со средним делительным диаметром зубчатых колес до 4000 мм, средним нормальным модулем от 1 до 55 мм с прямолинейным профилем исходного контура и номинальным углом его профиля 20°, устанавливаются двенадцать степеней точности зубчатых колес и передач, обозначаемых в порядке убывания точности цифрами **1**, **2**, **3**, **4**, **5**, **6**, **7**, **8**, **9**, **10**, **11**, **12**.
2. Для каждой степени точности зубчатых колес и передач устанавливаются нормы: кинематической точности, плавности работы и контакта зубьев зубчатых колес в передаче.
3. Допускается комбинирование норм кинематической точности зубчатых колес и передач, норм плавности работы и норм контакта зубьев различных степеней точности.

   При комбинировании норм разных степеней точности, нормы плавности работы зубчатых колес и передач могут быть не более чем на две степени точнее или одну степень грубее норм кинематической точности; нормы контакта зубьев не могут назначаться по степеням точности более грубым, чем нормы плавности.
4. Устанавливаются шесть видов сопряжений зубчатых колес в передаче, обозначаемых в порядке убывания гарантированного бокового зазора буквами **A**, **B**, **C**, **D**, **E**, **H**.

   Виды сопряжений зубчатых колес в передаче в зависимости от степени точности по нормам плавности работы указаны в таблице.

Вид сопряжений	A	B	C	D	E	H
Степень точности передач	4 – 12	4 – 11	4 – 9	4 – 8	4 – 7	4 – 7

Точность изготовления конических и гипоидных зубчатых колес и передач задается степенью точности, а требования к боковому зазору - видом сопряжения по нормам бокового зазора.

Мелкомодульные передачи.

При назначении степени точности конических передач необходимо руководствоваться следующими положениями.

1. Согласно 9368-81 «Основные нормы взаимозаменяемости. Передачи зубчатые конические мелкомодульные. Допуски» для конических мелкомодульных зубчатых колес, зубчатых передач и пар (без корпуса) внешнего зацепления с прямыми зубьями зубчатых колес, со средним делительным диаметром до 200 мм, средним модулем от 0,1 до 1,0 мм (исключительно), с исходным контуром по ГОСТ 9587-81, устанавливаются двенадцать степеней точности зубчатых колес и передач, обозначаемых в порядке убывания точности цифрами **1**, **2**, **3**, **4**, **5**, **6**, **7**, **8**, **9**, **10**, **11**, **12**.
1. Для каждой степени точности зубчатых колес и передач устанавливаются нормы: кинематической точности, плавности работы и контакта зубьев зубчатых колес в передаче.

2. Допускается комбинирование норм кинематической точности зубчатых колес и передач, норм плавности работы и норм контакта зубьев различных степеней точности.

   При комбинировании норм разных степеней точности нормы плавности работы зубчатых колес и передач могут быть не более чем на одну степень точнее или грубее норм кинематической точности; нормы контакта зубьев могут назначаться не более чем на одну степень точности грубее норм плавности.

3. Независимо от степени точности зубчатых колес и передач устанавливаются пять видов сопряжений зубчатых колес в передаче **D**, **E**, **F**, **G**, **H** и соответствующих им гарантированных боковых зазоров.

Вид сопряжений	**D**		**E**		**F**	**G**	**H**
Модуль m, мм	до 0,5 или 0,5	св. 0,5	до 0,5 или 0,5	св. 0,5			
Степень точности	4 – 10	4 – 12	4– 10	4 – 12	4 – 10	4 – 8	4 – 7

Точность изготовления конических зубчатых колес и передач задается степенью точности, а требования к боковому зазору - видом сопряжения по нормам бокового зазора.

Чтобы для колеса назначить степень точности, отличную от шестерни, включите опцию, расположенную слева от поля ввода степени точности колеса.

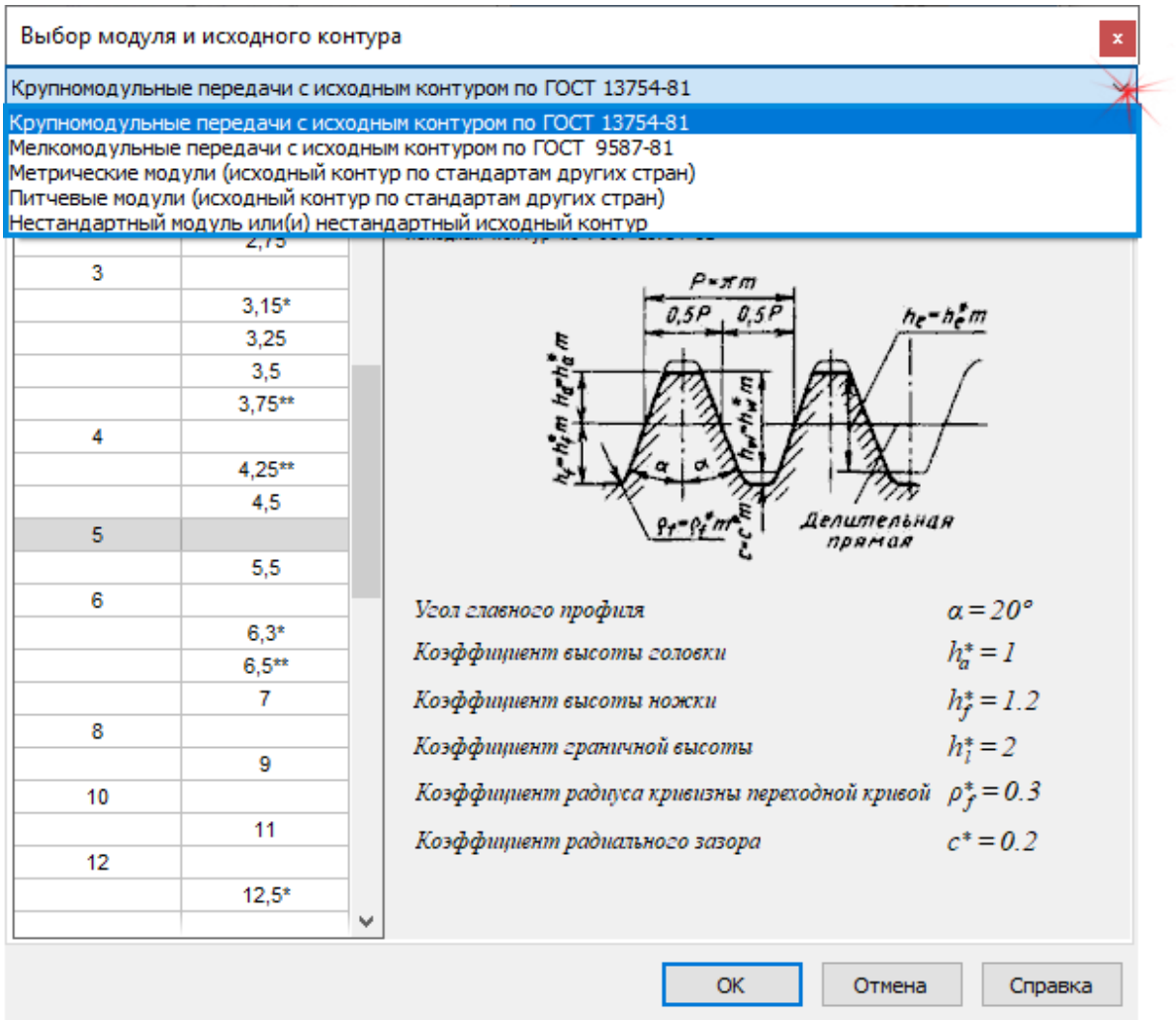
После начала выполнения расчета дополнительно будут запрошены значения диаметра вершин со срезом и расстояния от внешнего торца до измерительного сечения 166.
Для управления расчетом и данными используйте кнопки инструментальной панели.

Во время выполнения расчета происходит диагностика рассчитываемой передачи по различным критериям и показателям. Результаты диагностики отображаются в области ***Ход расчета***. Если диагностируемые параметры удовлетворительны, результаты диагностики выделены зеленым цветом. Если неудовлетворительны – красным.
Чтобы получить информационное сообщение с рекомендациями по исправлению ошибок, наведите курсор мыши на неудовлетворительный результат диагностики.
Основной вывод по итогам диагностики передачи приведен в нижней части окна.

Для зубчатого колеса, спроектированного с нарушением показателей качества зацепления, могут возникнуть сложности при генерации 3D-модели.

Выбор модуля

Выбор модуля конической шестерни с прямыми зубьями осуществляется в диалоге ***Выбор модуля и исходного контура***, который открывается после нажатия кнопки ***Выбор модуля***, находящейся в окне ***Геометрический расчет***.



В верхней части окна находится раскрывающийся список, в котором перечислены варианты, доступные для выбора:

- крупномодульные передачи с исходным контуром по ГОСТ 13754-81;
- мелкомодульные передачи с исходным контуром по ГОСТ 9587-81;
- метрические модули (исходный контур по стандартам других стран);
- питчевые модули (исходный контур по стандартам других стран);
- нестандартный модуль или (и) нестандартный исходный контур.

1. Выберите из списка нужный стандарт. В левой части окна будет показан список возможных значений модуля. В правой части приведены:
   - список исходных контуров, доступных для выбора (для некоторых стандартов);
   - изображение исходного контура со всеми параметрами;
   - справочная информация об исходном контуре, в том числе:
     - *коэффициент высоты головки зуба*,
     - *коэффициент радиального зазора*,
     - *коэффициент радиуса кривизны переходной кривой.*

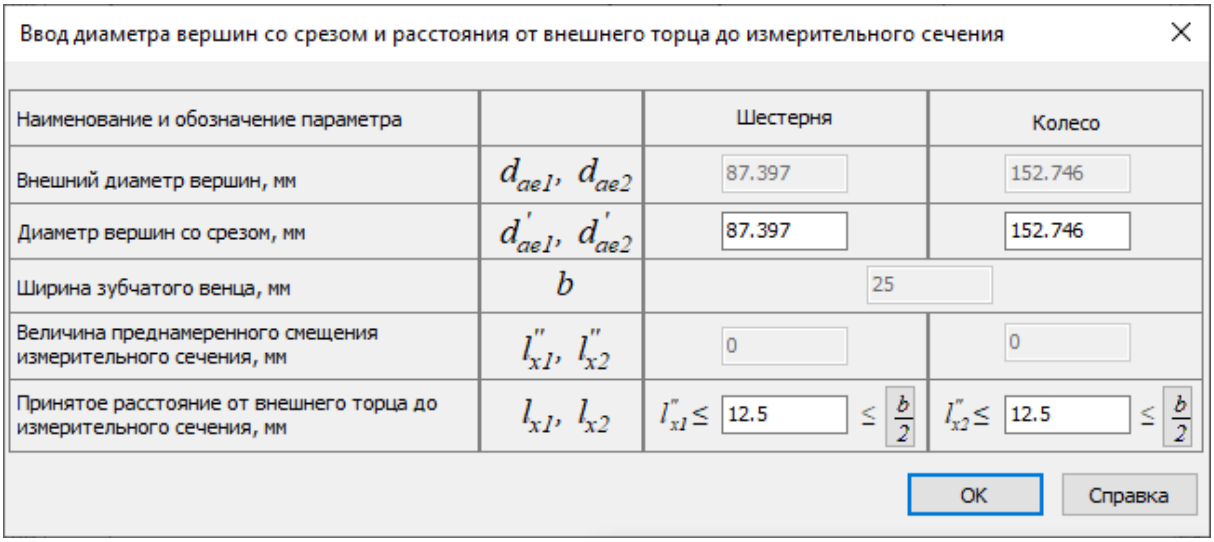
2. Щелчком мыши выберите значение модуля. В некоторых случаях вам потребуется выбрать исходный контур.

   Если вы выбрали вариант ***Нестандартный модуль или (и) нестандартный исходный контур***, введите в поле ***Модуль*** значение модуля и выберите в списке возможных значений ***Исходный контур*** стандарт на исходный контур либо вариант ***Нестандартный***.

3. Нажмите кнопку ***ОК***. Значение модуля появится в поле ***Внешний окружной модуль***, значения параметров исходного контура – в соответствующих полях ввода. Если вы выбрали нестандартный исходный контур, введите значения его параметров в соответствующих полях.

Ввод диаметра вершин со срезом

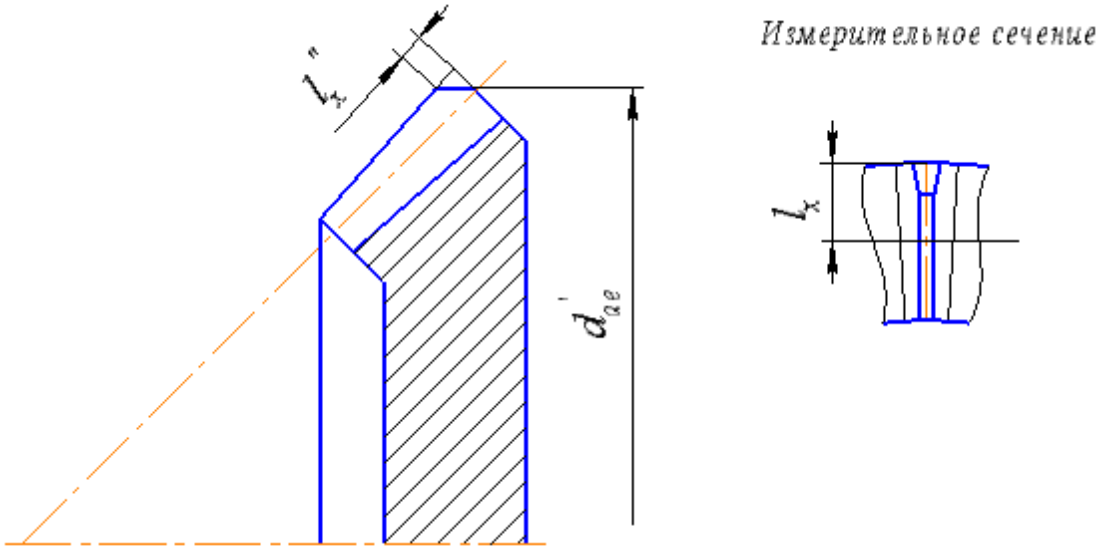
Диалог ***Ввод диаметра вершин со срезом и расстояния от внешнего торца до измерительного сечения*** появляется в процессе выполнения геометрического расчета конической передачи.



1. Введите в поля ***Диаметр вершин со срезом*** нужные значения для шестерни и колеса. Значения параметра ***Величина преднамеренного смещения измерительного сечения*** будут рассчитаны автоматически.

2. Введите в поля ***Принятое расстояние от внешнего торца до измерительного сечения*** нужные значения, руководствуясь рекомендациями, приведенными возле полей ввода. Для ввода значения, равного половине ширины зубчатого венца, нажмите кнопку $\frac{b}{2}$.

3. Нажмите кнопку ***ОК***. Расчет будет продолжен.



Расчет на прочность

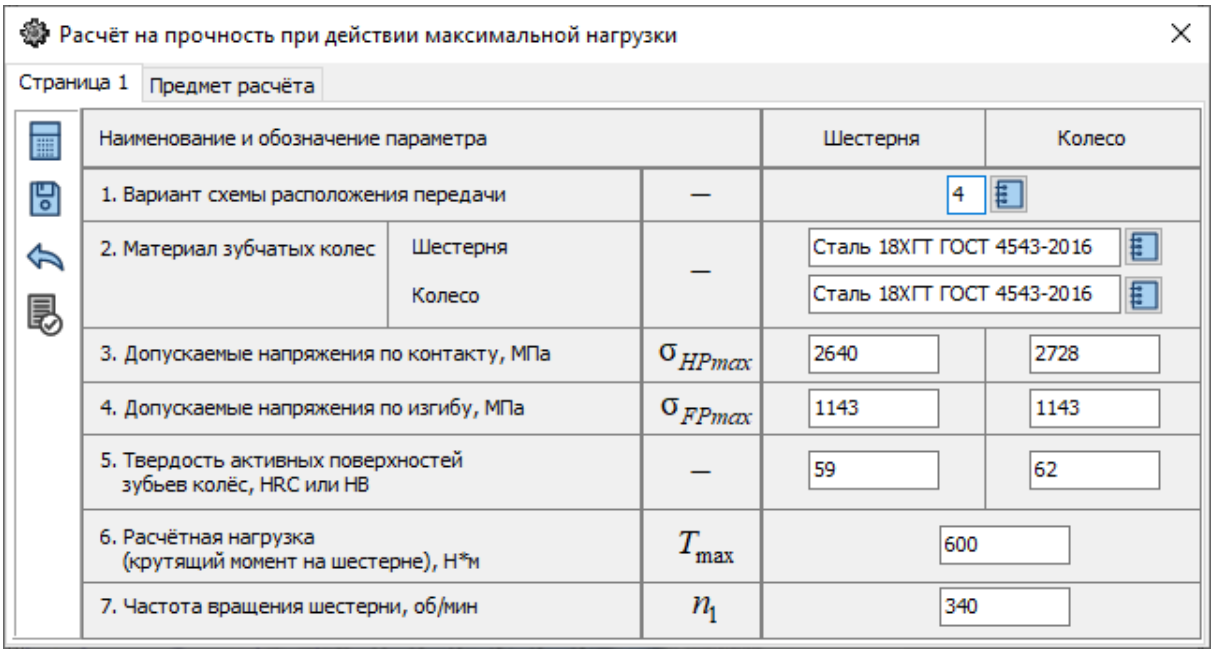
Описание расчета 167;
Выбор схемы расположения передачи 170.

Описание расчета

Цель выполнения расчета на прочность – определение коэффициентов запаса по контактным напряжениям и напряжениям изгиба.
Расчет зубчатых колес внешнего зацепления при действии максимальной нагрузки выполняется по ГОСТ 21354-87 «Передачи зубчатые цилиндрические эвольвентные внешнего зацепления. Расчет на прочность».

Поля ввода исходных данных располагаются на ***Странице 1***. Данные на странице ***Предмет расчета*** (описательная информация о расчете) постоянны для всех расчетов передачи (геометрия, прочность, долговечность).

Введите исходные данные на ***Странице 1***.



Особенности ввода некоторых данных:

- **вариант схемы расположения передачи**;

  Выбор осуществляется в специализированном диалоге[170], который открывается после нажатия кнопки .

- **материал зубчатых колес**;

  Введите значение вручную или нажмите кнопку . Загрузится *Модуль выбора материалов*, с помощью которого можно выбрать материал зубчатого колеса и определить механические свойства этого материала.

- **допускаемые напряжения по контакту** $\sigma_{HP\,max}$;

  Значение определяется автоматически, если материал был выбран из *Модуля материалов*.

  Для зубьев, подвергнутых нормализации, улучшению или закалке:

  $$\sigma_{HP\,max} = 2{,}8\sigma_T,$$

  где σ_T - предел текучести материала при растяжении, МПа.

  Для зубьев цементованных:

  $$\sigma_{HP\,max} = 40H_{HRC},$$

  где H_{HRC} - твердость поверхности зуба в единицах Роквелла.

  Для зубьев азотированных:

  $$\sigma_{HP\,max} = 3H_{HV},$$

  где H_{HV} - твердость поверхности зуба в единицах Виккерса.

- **допускаемые напряжения по изгибу** σ_{FPM};

Значение определяется автоматически, если материал был выбран из *Модуля материалов*.

Для легированных и углеродистых сталей при нормализации или улучшении:

$$\sigma_{FPM} = \frac{\sigma_{F\,lim\,M}}{S_{FM}} = \frac{4,8 H_{HB}}{1,75},$$

где H_{HB} - твердость поверхности зуба в единицах Бринелля.

Для легированных сталей, содержащих никель более 1%, при цементации:

$$\sigma_{FPM} = \frac{\sigma_{F\,lim\,M}}{S_{FM}} = \frac{2650}{1,75} = 1514,3 МПа$$

- **твердость активных поверхностей зубьев**;

  Значение определяется автоматически, если материал был выбран из *Модуля материалов*.

- **расчетная нагрузка**.

  Задается на шестерне.

- **коэффициент запаса прочности (безопасности) по контакту SH**;

  Значение определяется автоматически, если материала был выбран из *Модуля материалов*.
  Для зубчатых колес с однородной структурой материала ***SH=1,1***. Для зубчатых колес с поверхностным упрочнением ***SH=1,2***.
  Для передач, выход из строя которых связан с тяжелыми последствиями, рекомендуется приведенные значения увеличивать до ***1,25*** и ***1,35*** соответственно.

- **коэффициент запаса прочности (безопасности) по изгибу SF**;

  Значение определяется автоматически, если материала был выбран из *Модуля материалов*.

  Коэффициент учитывает нестабильность свойств материала зубчатых колес и ответственность зубчатой передачи. Выбирается в зависимости от марки материала, способа термической и химико-термической обработки и заданной вероятности неразрушения по таблице ГОСТ 21354-87.

  Так для сталей 18ХГТ, 12Х2Н4А, 20Х2Н4А, 12ХН3А, 20ХН3А, 30ХН3А (цементация) – ***SF=1,55***, а для сталей 38ХС, 45Х, 45 (нормализация, улучшение) – ***SF=1,75***.

- **коэффициент, учитывающий шероховатость**;

  Определяется по тому из сопряженных колес, зубья которого имеют более грубые поверхности, т.е. в зависимости от класса шероховатости поверхности. Значения его следующие:

Класс шероховатости поверхности	Коэффициент
>= 7 (Ra = 1.25..0.63)	1,00
6 (Ra = 2.5..1.25)	0,95
4..5 (Ra = 40..10)	0,90

  По умолчанию задается 1,0.

- **коэффициент, учитывающий влияние амплитуд напряжений противоположного знака**.

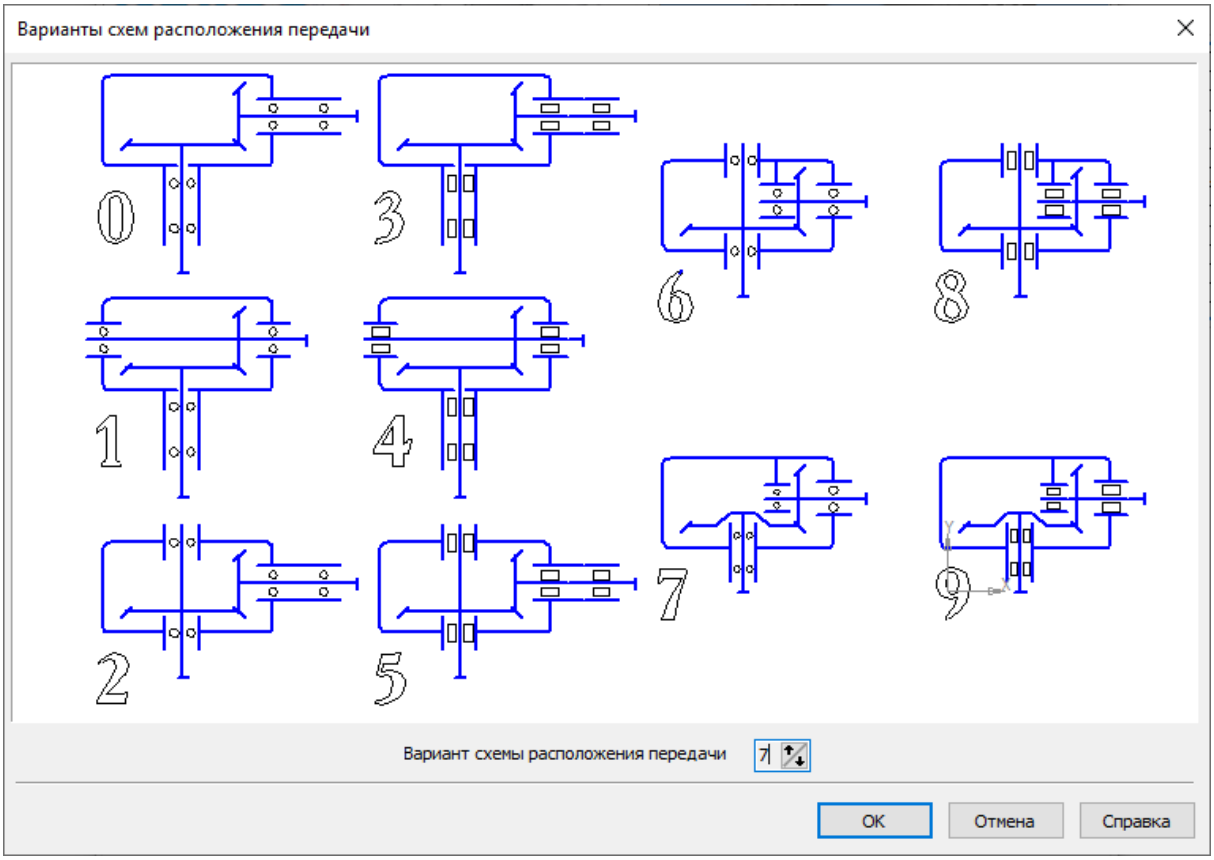
  Если элементы передачи испытывают знакопеременную нагрузку, то при расчете на выносливость необходимо ввести коэффициент, значение которого определяется автоматически, в зависимости от свойств материала. Для учета коэффициента включите опцию ***Учесть***.
  Чтобы не учитывать коэффициент, выключите опцию.

Для управления расчетом и данными используйте кнопки инструментальной панели.

После выполнения расчета его результаты будут представлены в виде отчета и показаны в окне ***Результаты расчета***.

Выбор схемы расположения передачи

Чтобы выбрать схему расположения передачи из предлагаемых вариантов, укажите номер схемы в поле ввода или щелкните мышью на изображении этой схемы (например, рядом с цифрой на рисунке).



Расчет на долговечность

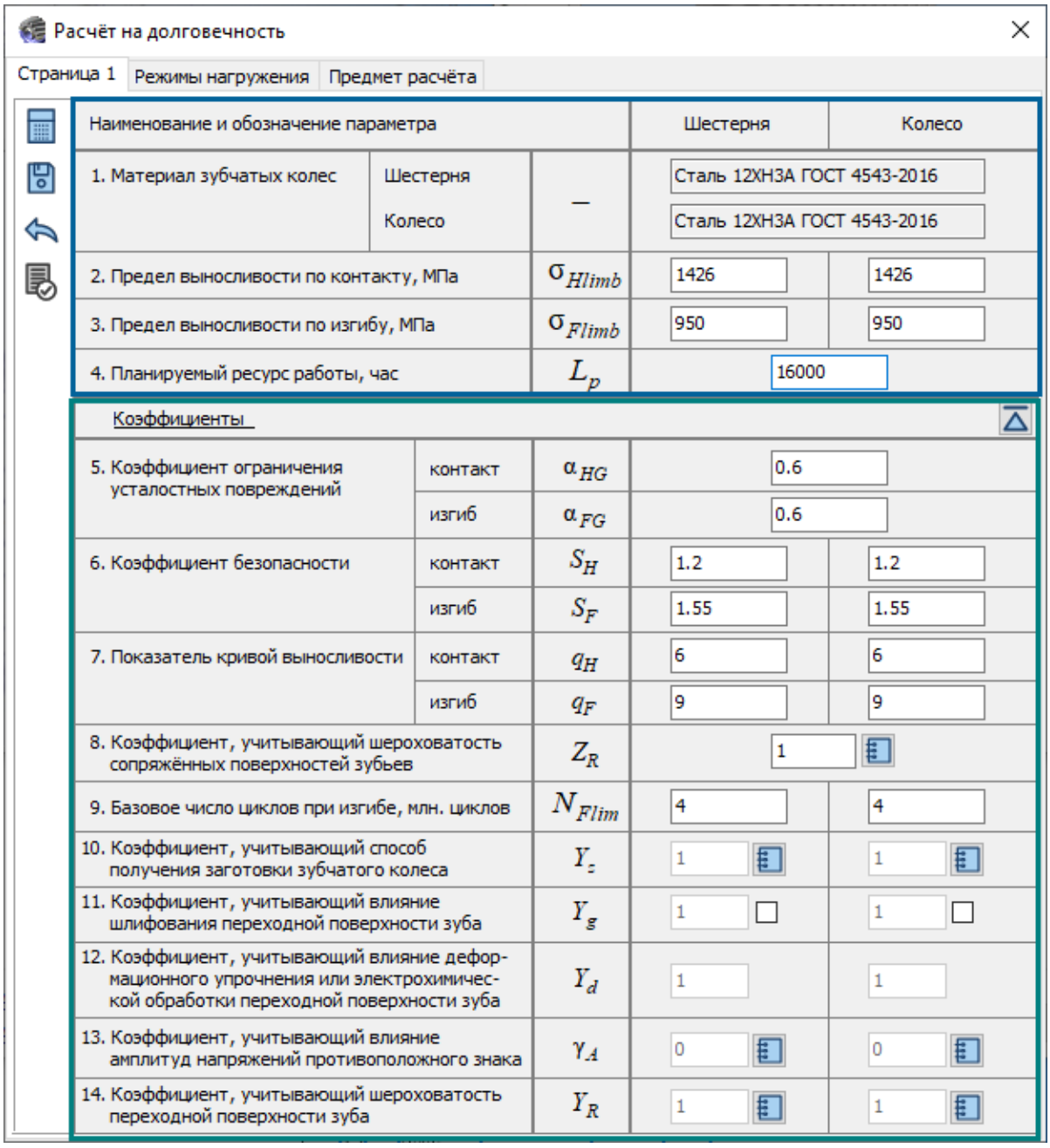
Цель выполнения расчета на долговечность – определение контактной долговечности и долговечности при изгибе (т.е. определяется ресурс в часах, а также эквивалентные контактные и изгибные напряжения). Расчет производится по методу эквивалентных напряжений.

Поля ввода исходных данных располагаются на двух страницах. Данные на странице ***Предмет расчета*** (описательная информация о расчете) постоянны для всех расчетов передачи (геометрия, прочность, долговечность).

Введите данные на ***Странице 1***. Страница условно разделена на две области (панели):

- ***Параметры*** – предназначена для ввода значений параметров, необходимых для расчета;
- ***Коэффициенты*** – предназначена для ввода значений коэффициентов.

По умолчанию панель ***Коэффициенты*** скрыта. Чтобы раскрыть ее, щелкните мышью по названию панели ***Коэффициенты*** или нажмите кнопку  ***Показать панель с коэффициентами***. Повторный щелчок мышью по названию панели или нажатие кнопки  ***Скрыть панель с коэффициентами*** приведет к тому, что панель ***Коэффициенты*** будет скрыта.



Особенности ввода некоторых данных на первой странице:

- **предел выносливости по контакту** $\sigma_{H lim b}$;

  Значение определяется автоматически, если материал был выбран из *Модуля материалов*.

  При HB < 350, нормализации или улучшении:

  $$\sigma_{H lim b} = 2 H_{HB} + 70,$$

  При HRC > 56, цементации или нитроцементации:

  $$\sigma_{H lim b} = 23 H_{HRC}$$

- **предел выносливости по изгибу** $\sigma^{o}_{f\,lim b}$;

  Значение определяется автоматически, если материал был выбран из *Модуля материалов*.

  Предел выносливости по изгибу, соответствующий базовому числу циклов перемены напряжений, принимается по таблице из ГОСТ 21354-87 в зависимости от марки материала и вида термообработки.

- **коэффициент ограничения усталостных повреждений по контакту и изгибу**;

  Значение определяется автоматически, если материала был выбран из *Модуля материалов*. По умолчанию 0,6. При необходимости значение коэффициента можно изменить. Диапазон возможных значений – 0,6…0,75.

- **коэффициент запаса прочности (безопасности) по контакту SH**;

  Значение определяется автоматически, если материал был выбран из *Модуля материалов*:

  - для зубчатых колес с однородной структурой материала ***SH=1,1***.
  - для зубчатых колес с поверхностным упрочнением ***SH=1,2.***

  Для передач, выход из строя которых связан с тяжелыми последствиями, рекомендуется приведенные значения увеличивать до ***1,25*** и ***1,35*** соответственно.

- **коэффициент запаса прочности (безопасности) по изгибу SF**;

  Значение определяется автоматически, если материал был выбран из *Модуля материалов*.

  Коэффициент учитывает нестабильность свойств материала зубчатых колес и ответственность зубчатой передачи. Выбирается в зависимости от марки материала, способа термической и химико-термической обработки и заданной вероятности неразрушения по таблице из ГОСТ 21354-87:

  - для сталей 18ХГТ, 12Х2Н4А, 20Х2Н4А, 12ХН3А, 20ХН3А, 30ХН3А (цементация) - ***SF=1,55***;
  - для сталей 38ХС, 45Х, 45 (нормализация, улучшение) - ***SF=1,75***.

- **показатель кривой выносливости qH**

  Значение определяется автоматически, если материал был выбран из *Модуля материалов*.

  Начальные значения принимаются:
  - по контакту - ***qH =6***,
  - по изгибу:
    - ***qF =6*** – для колес с твердостью поверхности зубьев HB < 350, а также для колес, закаленных при нагреве ТВЧ с обрывом закаленного слоя у переходной поверхности, и зубчатых колес со шлифованной переходной поверхностью независимо от твердости и термообработки;
    - ***qF =9*** – для колес с нешлифованной переходной поверхностью при твердости поверхности зубьев HB > 350 и чугунных колес.

- **коэффициент, учитывающий шероховатость сопряженных поверхностей зубьев**;

  Определяется по тому из сопряженных колес, зубья которого имеют более грубые поверхности, т.е. в зависимости от класса шероховатости поверхности. Для ввода значений

нажмите кнопку  ***Выбор коэффициента*** и дважды щелкните мышью по нужной строке в открывшейся таблице.

По умолчанию задается 1,0.

- **базовое число циклов при изгибе**;

  По умолчанию задается **NFO= 4** млн.циклов.

- **коэффициент, учитывающий способ получения заготовки зубчатого колеса**;

  Для ввода значений нажмите кнопку  ***Выбор коэффициента*** и дважды щелкните мышью по нужной строке в открывшейся таблице.

- **коэффициент, учитывающий влияние шлифования переходной поверхности зуба**;

  Чтобы учитывать этот коэффициент для шестерни и (или) колеса, включите опции, расположенные справа от полей ввода.

  Для зубчатых колес с нешлифованной переходной поверхностью зубьев коэффициент принимают равным 1, со шлифованной – 0,75.

- **коэффициент, учитывающий влияние деформационного упрочнения или электрохимической обработки переходной поверхности зуба**;

  Для зубчатых колес без деформационного упрочнения или электрохимической обработки переходной поверхности коэффициент принимают равными 1.

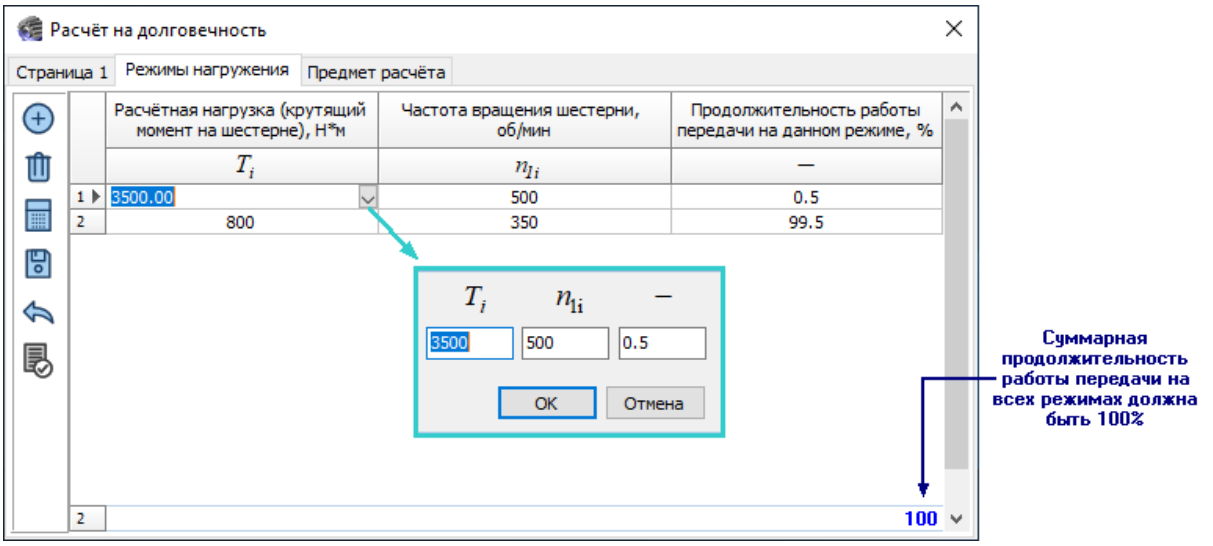
- **коэффициент, учитывающий влияние амплитуд напряжений противоположного знака**;

  Если элементы передачи испытывают знакопеременную нагрузку, то при расчете необходимо ввести коэффициент, значение которого определяется автоматически, в зависимости от свойств материала. Для ввода значений коэффициента нажмите кнопку  ***Выбор коэффициента*** и дважды щелкните мышью по нужной строке в открывшейся таблице.

- **коэффициент, учитывающий шероховатость переходной поверхности зуба**.

  Для ввода значений коэффициента нажмите кнопку  ***Выбор коэффициента*** и дважды щелкните мышью по нужной строке в открывшейся таблице.

Введите данные на странице ***Режимы нагружения***.



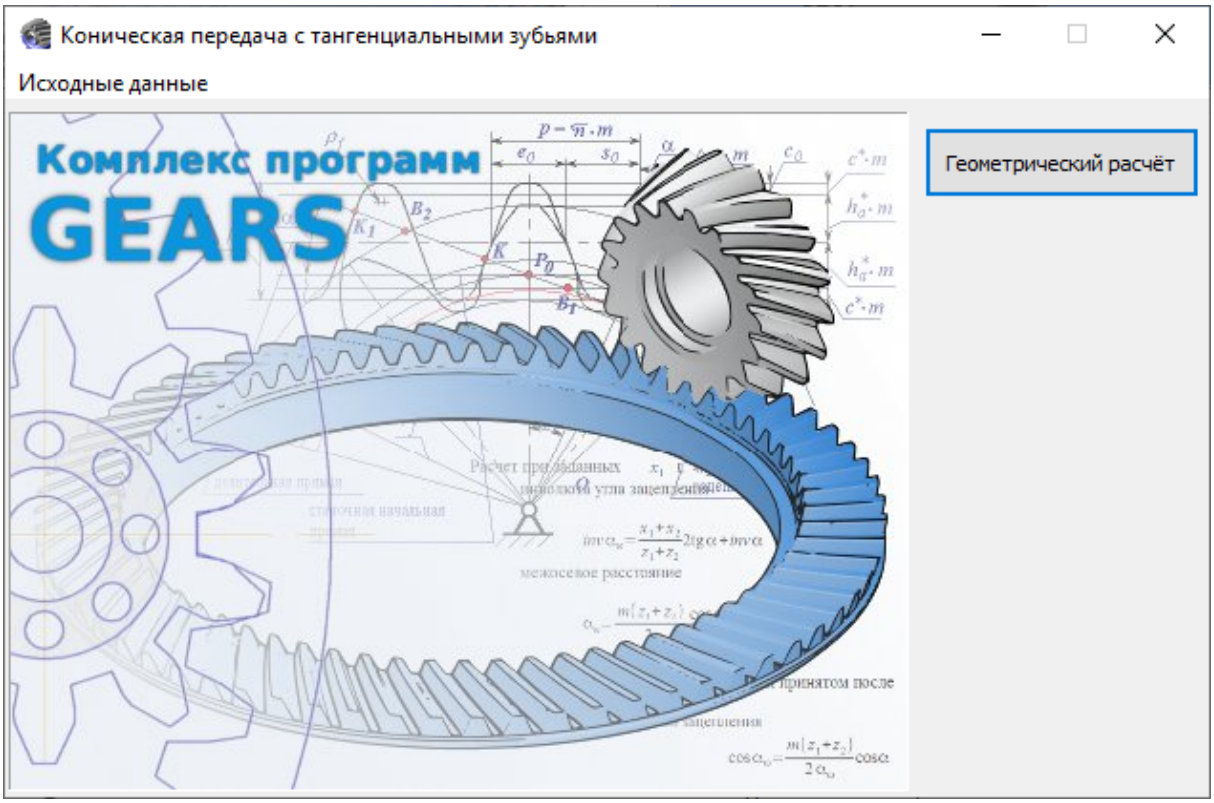
Для управления списком режимов нагружения используйте кнопки панели инструментов.
Чтобы ввести или отредактировать значения параметров режима нагружения, выделите нужную строку и щелкните левой клавишей мыши в ячейке с любым параметром. В правой части ячейки появится кнопка с треугольником. Нажмите ее и введите значения параметров режима нагружения в открывшемся окне.

После выполнения расчета его результаты будут представлены в виде отчета и показаны в окне ***Результаты расчета***.

В ряде случаев в отчете с результатами расчета могут отображаться значения ресурса по контакту и изгибу равные «999999». Это означает, что ресурс передачи практически бесконечен. Как правило, такой результат является следствием несущественных значений эквивалентных напряжений. Подробная информация о коэффициентах ограничения усталостных повреждений содержится в ГОСТ 21354-87 на странице 66 (Приложение 3 «Методы учета нагрузок, изменяющихся во времени», пункт 3 «Метод эквивалентных напряжений»).

Коническая передача с тангенциальными зубьями

Средствами модуля *КОМПАС-GEARS* может быть выполнен геометрический расчет[176] зубчатых колес конических передач с тангенциальными зубьями внешнего зацепления.



Если предстоит рассчитать модель элемента механической передачи, уже созданную в системе *Валы и механические передачи 2D*, геометрические параметры этого элемента будут автоматически переданы в *Модуль расчетов механических передач*.

Линейные размеры задаются в миллиметрах, а угловые - в градусах, минутах, секундах.

Вы можете сохранять исходные данные для расчета в файле формата **.gear_tnb_dat* с помощью команд строки меню ***Исходные данные*** 365 или непосредственно при выполнении расчетов. Впоследствии сохраненные данные можно будет загружать для расчета в модуль *КОМПАС-GEARS*.

Для выполнения расчета нажмите в окне ***Коническая передача с тангенциальными зубьями*** кнопку ***Геометрический расчет***.

Внимание! Расчет может быть произведен, если на компьютере установлен Дополнительный комплект 9 системы *Валы и механические передачи 2D*.

Геометрический расчет

Варианты расчета 177;

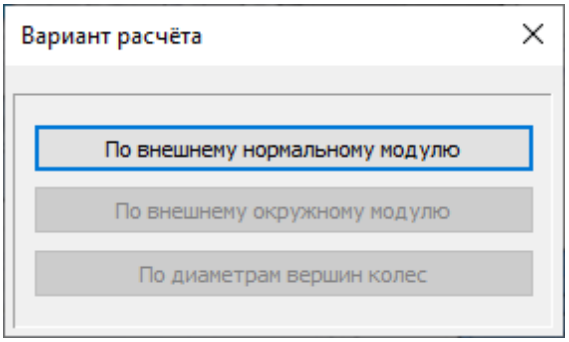
Описание 177;

Выбор осевой формы зуба 183;

Ввод преднамеренного смещения измерительного сечения 183.

Варианты расчета

Геометрический расчет конической передачи с тангенциальными зубьями выполняется по **внешнему нормальному модулю**.



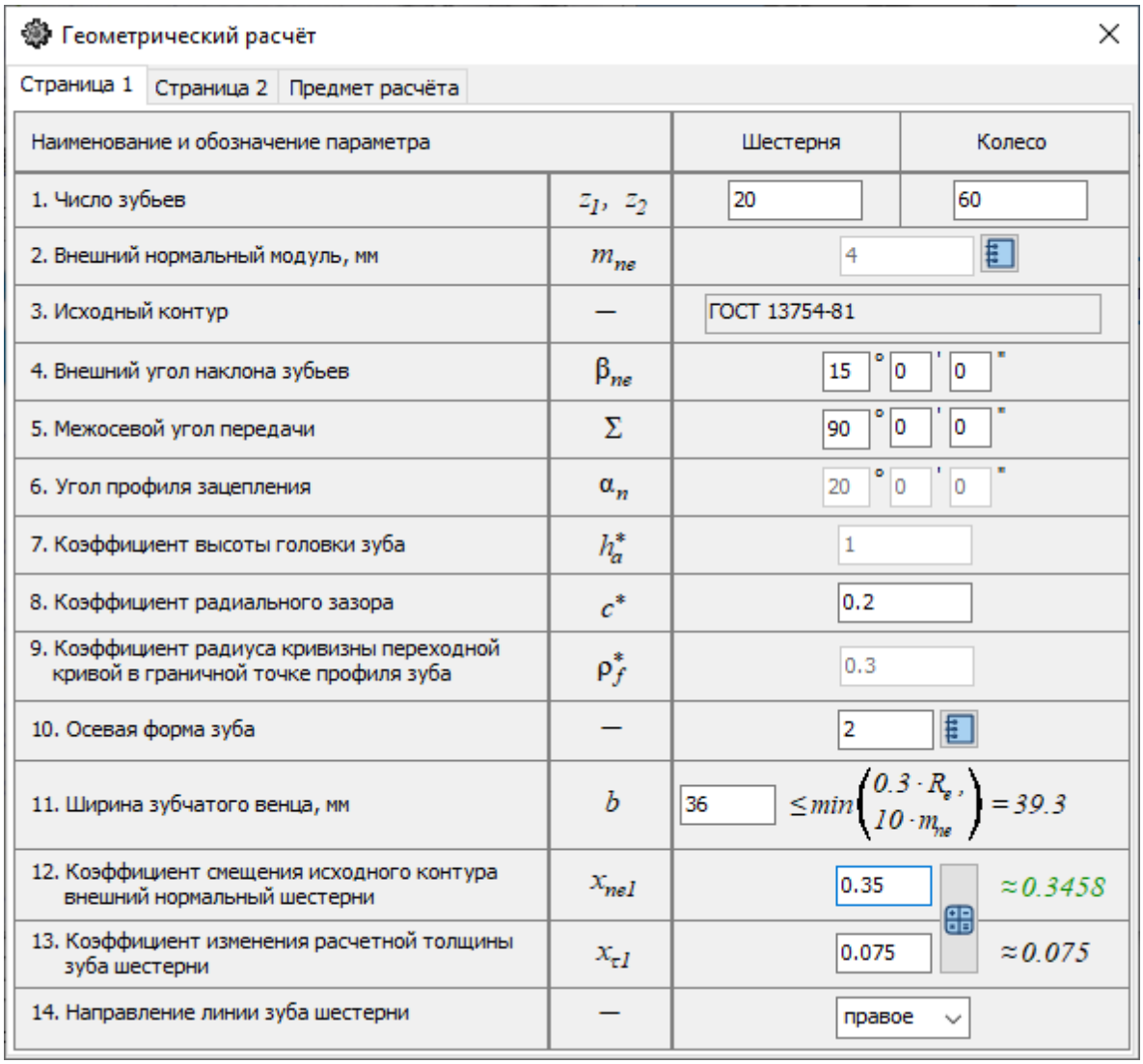
Описание расчета

Цели выполнения геометрического расчета:

- определение основных параметров зубчатых колес;
- определение размеров для контроля;
- проверка качества зацепления по геометрическим показателям.

Поля ввода исходных данных располагаются на двух страницах. Переход на вторую страницу и выполнение расчета возможно только после ввода всех данных на первой странице.
Данные на странице ***Предмет расчета –*** описательная информация о расчете.

Введите данные на ***Странице 1***.



Особенности ввода некоторых данных на первой странице:

- **внешний нормальный модуль**;

  Значения модуля стандартизованы. Чтобы выбрать модуль, нажмите кнопку  ***Выбор модуля***, расположенную справа от поля ***Внешний нормальный модуль***, и выполните необходимые действия в открывшемся окне ***Выбор модуля и исходного контура*** 181. Значение модуля появится в соответствующем поле ввода, информация об исходном контуре – в поле ***Исходный контур***.

- **внешний угол наклона зубьев**;

  Внешний угол наклона наклона зубьев может быть от 0 до 45°.

- **параметры стандартного исходного контура**;

  Поля, соответствующие параметрам исходного контура,

  - ***Угол профиля зацепления***,

- ***Коэффициента высоты головки зуба***,
- ***Коэффициента радиального зазора***,
- ***Коэффициента радиуса кривизны переходной кривой***

будут заполнены автоматически. Значения параметров будут зависеть от выбранного модуля и стандарта на исходный контур. Некоторые значения доступны для редактирования. Если навести курсор на поле ввода редактируемого значения, появится подсказка, в которой указан диапазон его возможных значений.

осевая форма зуба;

Выбор осуществляется в специализированном диалоге, который открывается после нажатия кнопки  .

ширина зубчатого венца;

При вводе ширины зубчатого венца проверяется соответствие ширины венца модулю и конусному расстоянию.

Для колес с осевой формой зуба I и II:

$$b <= 0,3 * Re$$
$$b <= 10 * m_{ne}$$

где ***b*** - ширина венца,
Re - внешнее конусное расстояние,
m_{ne} - внешний нормальный модуль.

При нажатии клавиши <***F3***> выполняется подстановка в поле ввода допускаемого значения ширины венца.

коэффициент смещения исходного контура внешней нормальной шестерни;

Значение коэффициента, рекомендуемое ГОСТ 19624-74, отображается справа от поля ввода. Если это значение отличается от значения, отображаемого в поле ввода, то рекомендуемое значение выделено зеленым цветом.
Для подстановки в поле ввода рекомендуемого значения нажмите клавишу <***F3***> или кнопку  .

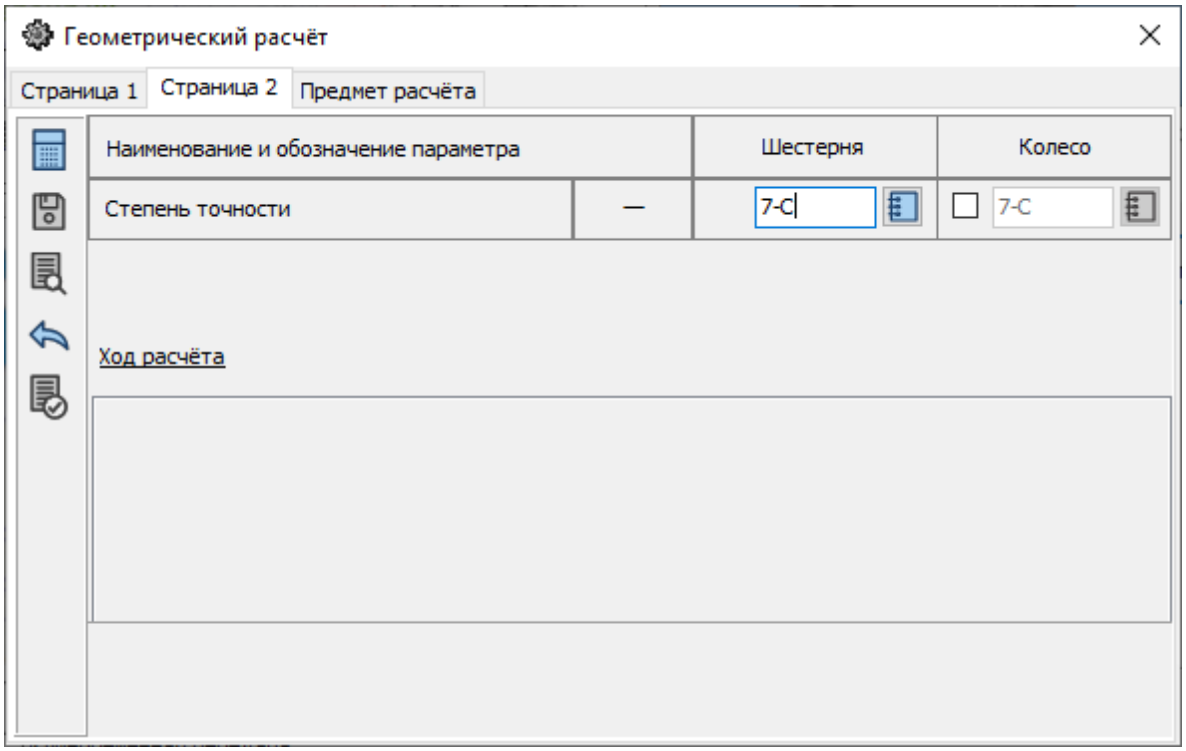
коэффициент изменения расчетной толщины зуба шестерни.

Значение коэффициента, рекомендуемое ГОСТ 19624-74, отображается справа от поля ввода. Если это значение отличается от значения, отображаемого в поле ввода, то рекомендуемое значение выделено зеленым цветом.
Для подстановки в поле ввода рекомендуемого значения нажмите клавишу <***F3***> или кнопку  .

При нажатии клавиши <***F10***> в поля ввода автоматически будут подставлены рекомендуемые значения:

- ширины зубчатого венца;
- коэффициента смещения исходного контура внешней нормальной шестерни;
- коэффициента изменения расчетной толщины зуба шестерни.

Введите данные на ***Странице 2***.



Особенности ввода некоторых данных на второй странице:

- **Степень точности**.

  При назначении степени точности конических передач необходимо руководствоваться следующими положениями.

  1. Согласно ГОСТ 1758-81 «Основные нормы взаимозаменяемости. Передачи конические и гипоидные. Допуски» для конических и гипоидных зубчатых передач внешнего зацепления с прямыми, тангенциальными и криволинейными зубьями со средним делительным диаметром зубчатых колес до 4000 мм, средним нормальным модулем от 1 до 55 мм с прямолинейным профилем исходного контура и номинальным углом его профиля 20°, устанавливаются двенадцать степеней точности зубчатых колес и передач, обозначаемых в порядке убывания точности цифрами **1**, **2**, **3**, **4**, **5**, **6**, **7**, **8**, **9**, **10**, **11**, **12**.
  2. Для каждой степени точности зубчатых колес и передач устанавливаются нормы: кинематической точности, плавности работы и контакта зубьев зубчатых колес в передаче.
  3. Допускается комбинирование норм кинематической точности зубчатых колес и передач, норм плавности работы и норм контакта зубьев различных степеней точности.

     При комбинировании норм разных степеней точности, нормы плавности работы зубчатых колес и передач могут быть не более чем на две степени точнее или одну степень грубее норм кинематической точности; нормы контакта зубьев не могут назначаться по степеням точности более грубым, чем нормы плавности.
  4. Устанавливаются шесть видов сопряжений зубчатых колес в передаче, обозначаемых в порядке убывания гарантированного бокового зазора буквами **A**, **B**, **C**, **D**, **E**, **H**.

     Виды сопряжений зубчатых колес в передаче в зависимости от степени точности по нормам плавности работы указаны в таблице.

Вид сопряжений	A	B	C	D	E	H
Степень точности передач	4 – 12	4 – 11	4 – 9	4 – 8	4 – 7	4 – 7

Точность изготовления конических и гипоидных зубчатых колес и передач задается степенью точности, а требования к боковому зазору - видом сопряжения по нормам бокового зазора

Чтобы для колеса назначить степень точности, отличную от шестерни, включите опцию, расположенную слева от поля ввода степени точности колеса.

Для управления расчетом и данными используйте кнопки инструментальной панели.

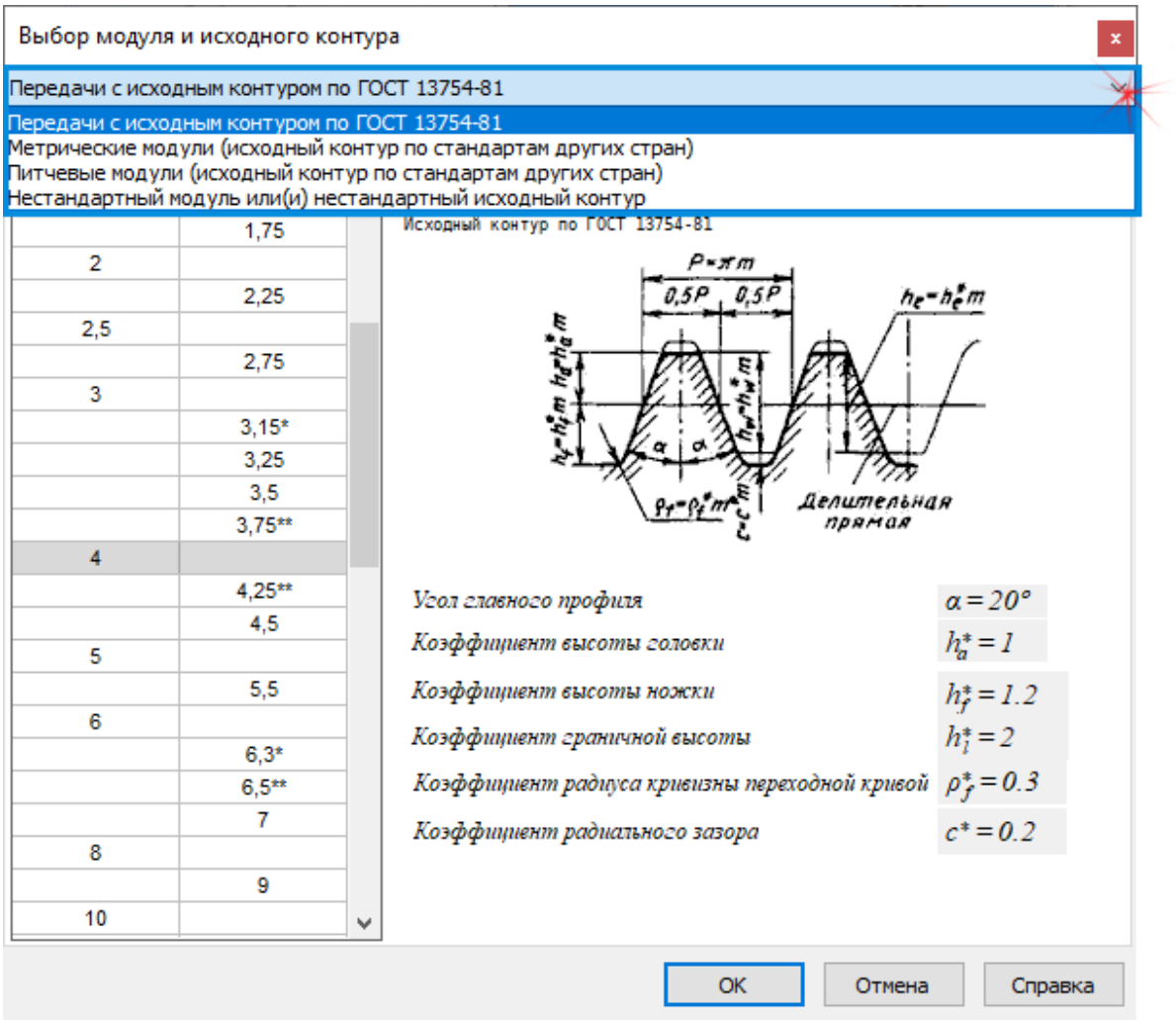
После начала выполнения расчета дополнительно будут запрошены значения диаметра вершин со срезом и расстояния от внешнего торца до измерительного сечения 183.

Во время выполнения расчета происходит диагностика рассчитываемой передачи по различным критериям и показателям. Результаты диагностики отображаются в области ***Ход расчета***. Если диагностируемые параметры удовлетворительны, результаты диагностики выделены зеленым цветом. Если неудовлетворительны – красным.
Чтобы получить информационное сообщение с рекомендациями по исправлению ошибок, наведите курсор мыши на неудовлетворительный результат диагностики.
Основной вывод по итогам диагностики передачи приведен в нижней части окна.

Для зубчатого колеса, спроектированного с нарушением показателей качества зацепления, могут возникнуть сложности при генерации 3D-модели.

Выбор модуля

Выбор модуля конической шестерни с тангенциальными зубьями осуществляется в диалоге Выбор модуля и исходного контура, который открывается после нажатия кнопки Выбор модуля, находящейся в окне Геометрический расчет.



В верхней части окна находится раскрывающийся список, в котором перечислены варианты, доступные для выбора:

- передачи с исходным контуром по ГОСТ 13754-81;
- метрические модули (исходный контур по стандартам других стран);
- питчевые модули (исходный контур по стандартам других стран);
- нестандартный модуль или (и) нестандартный исходный контур.

1. Выберите из списка нужный стандарт. В левой части окна будет показан список возможных значений модуля. В правой части приведены:
   - список исходных контуров, доступных для выбора (для некоторых стандартов);
   - изображение исходного контура со всеми параметрами;
   - справочная информация об исходном контуре, в том числе:
     - *угол главного профиля*,
     - *коэффициента высоты головки*,
     - *коэффициент высоты ножки*;
     - *коэффициент граничной высоты*;

- *коэффициента радиального зазора*,
- *коэффициент радиуса кривизны переходной кривой.*

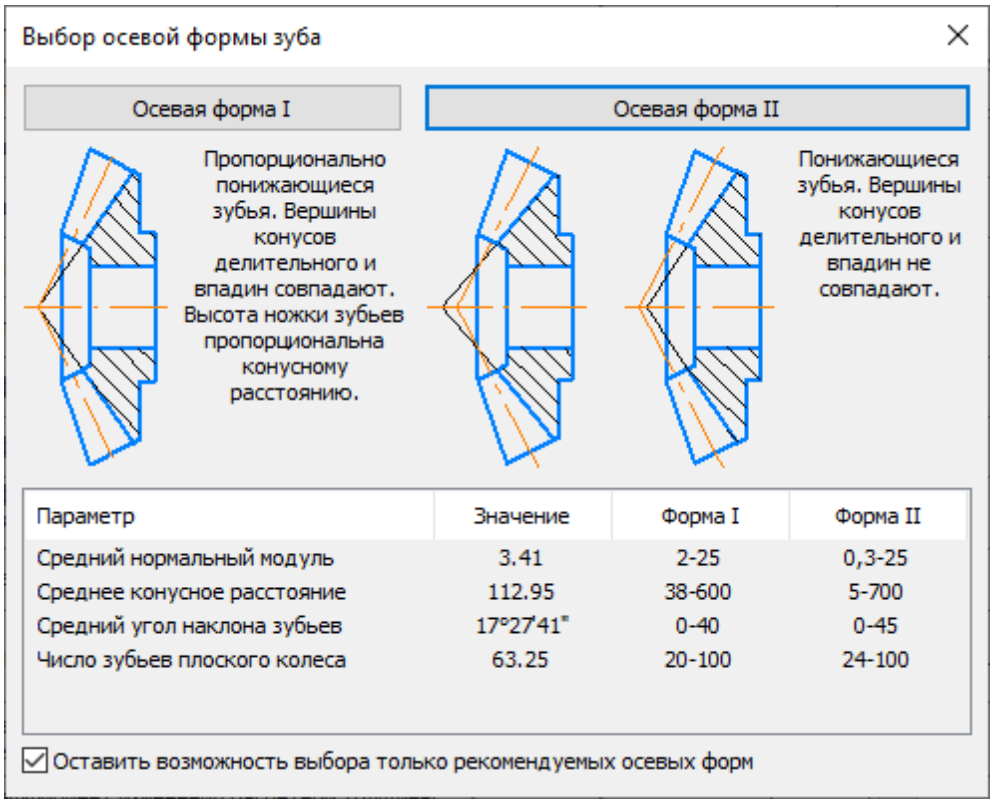
2. Щелчком мыши выберите значение модуля. В некоторых случаях вам потребуется выбрать исходный контур.

   Если вы выбрали вариант ***Нестандартный модуль или (и) нестандартный исходный контур***, введите в поле ***Модуль*** значение модуля и выберите в списке возможных значений ***Исходный контур*** стандарт на исходный контур либо вариант ***Нестандартный***.

3. Нажмите кнопку ***ОК***. Значение модуля появится в поле ***Внешний нормальный модуль***, значения параметров исходного контура – в соответствующих полях ввода. Если вы выбрали нестандартный исходный контур, введите значения его параметров в соответствующих полях.

Осевая форма зуба

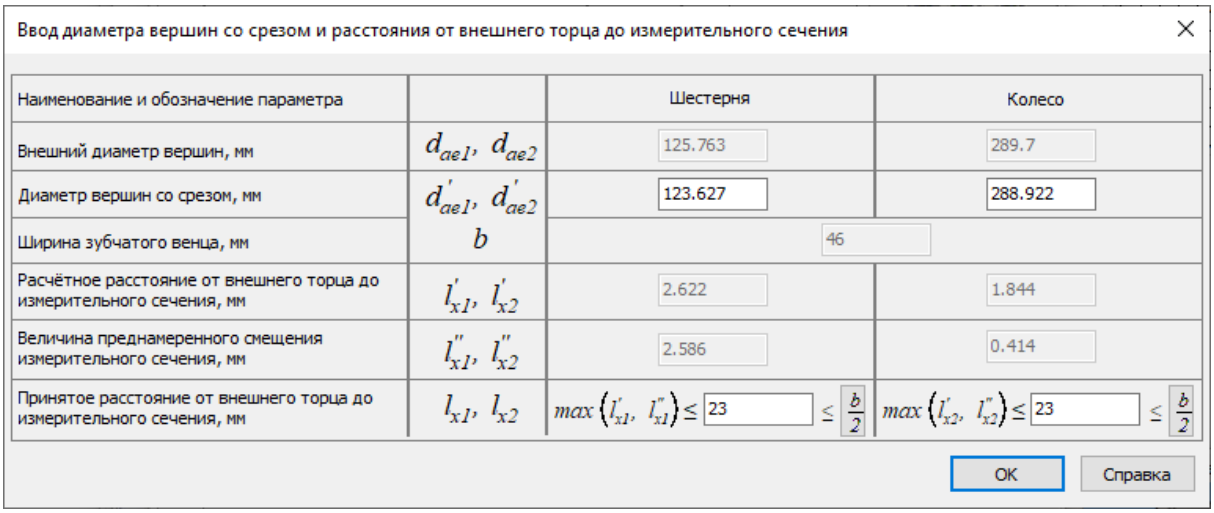
При выборе осевой формы зуба следует обратить внимание на удовлетворение расчетных значений табличным ограничениям, существующим определенной форме зуба.
Для упрощения выбора включите опцию ***Оставить возможность выбора только рекомендуемых осевых форм***.

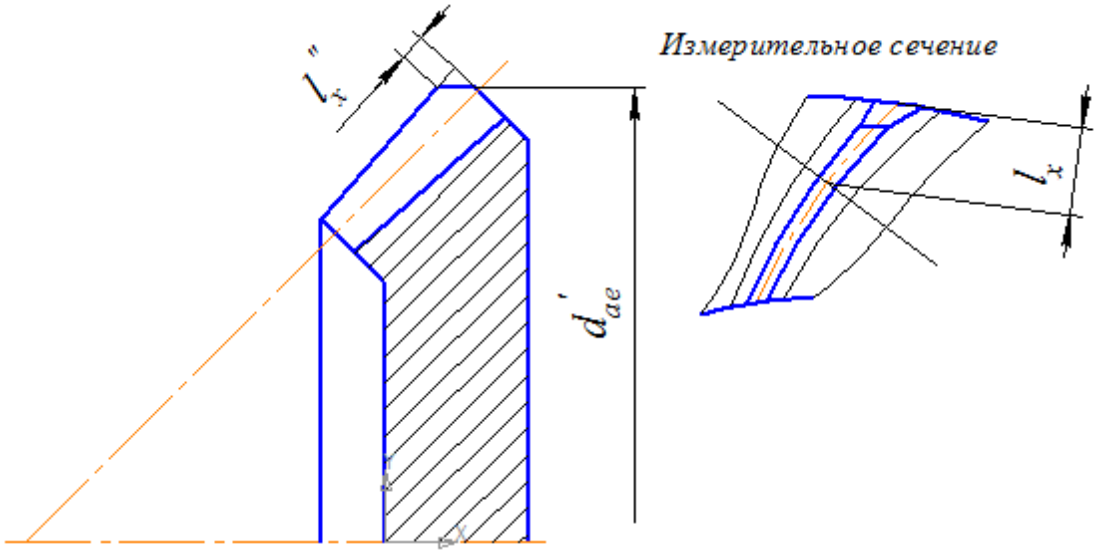


Ввод диаметра вершин со срезом

Диалог ***Ввод диаметра вершин со срезом и расстояния от внешнего торца до измерительного сечения*** появляется в процессе выполнения геометрического расчета конической передачи.

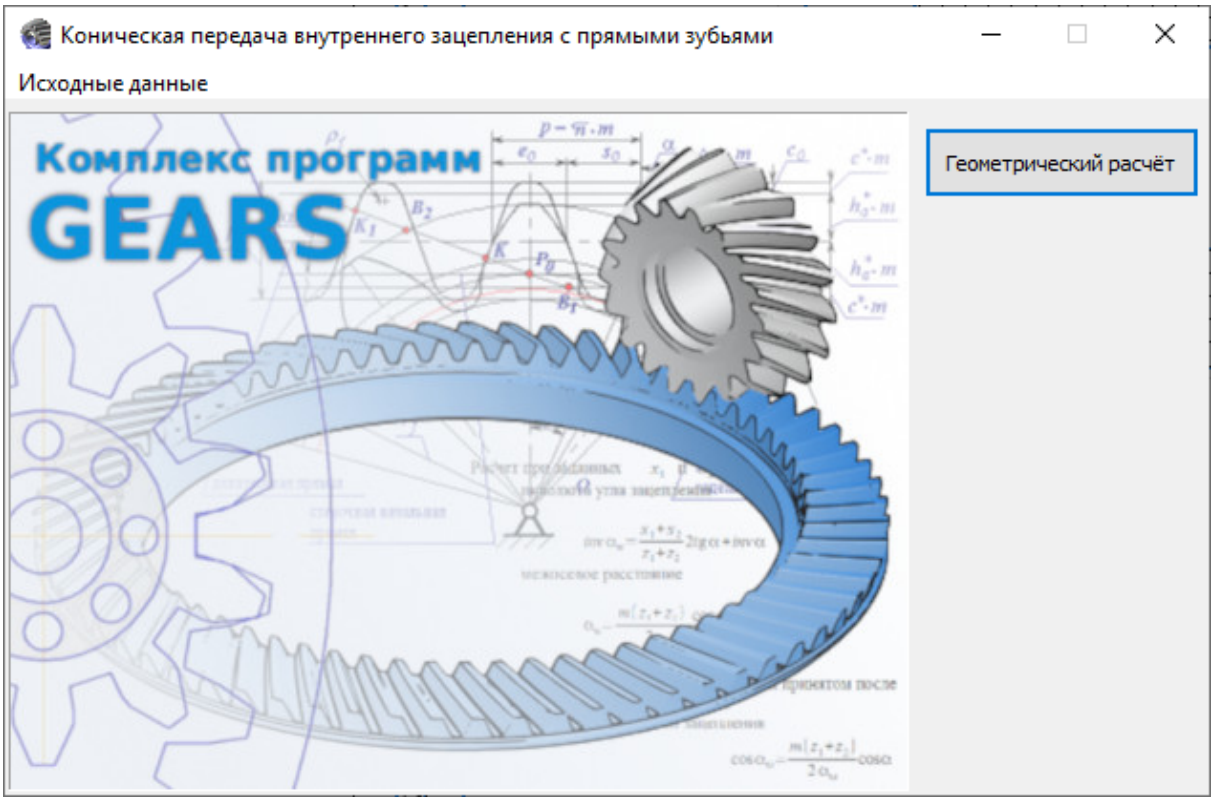
1. Введите в поля ***Диаметр вершин со срезом*** нужные значения диаметров для шестерни и колеса. Значения параметра ***Величина преднамеренного смещения измерительного сечения*** будут рассчитаны автоматически.
2. Введите в поля ***Принятое расстояние от внешнего торца до измерительного сечения*** нужные значения, руководствуясь рекомендациями, приведенными возле полей ввода. Для ввода значения, равного половине ширины зубчатого венца, нажмите кнопку $\frac{b}{2}$.
3. Нажмите кнопку ***ОК***. Расчет будет продолжен.





Коническая передача внутреннего зацепления с прямыми зубьями

Средствами модуля *КОМПАС-GEARS* может быть выполнен геометрический расчет конической передачи внутреннего зацепления с прямыми зубьями.



Если предстоит рассчитать элемент механической передачи, уже созданный в системе *Валы и механические передачи 2D*, геометрические параметры этого элемента будут автоматически переданы в *Модуль расчетов механических передач*.

Линейные размеры задаются в миллиметрах, а угловые - в градусах, минутах, секундах.

Исходные данные для расчета могут быть сохранены в файле формата **.gear_sti_dat* при помощи команд строки меню ***Исходные данные*** 365 или непосредственно при выполнении расчетов. Впоследствии сохраненные данные можно будет загружать для расчета в модуль *КОМПАС-GEARS*.

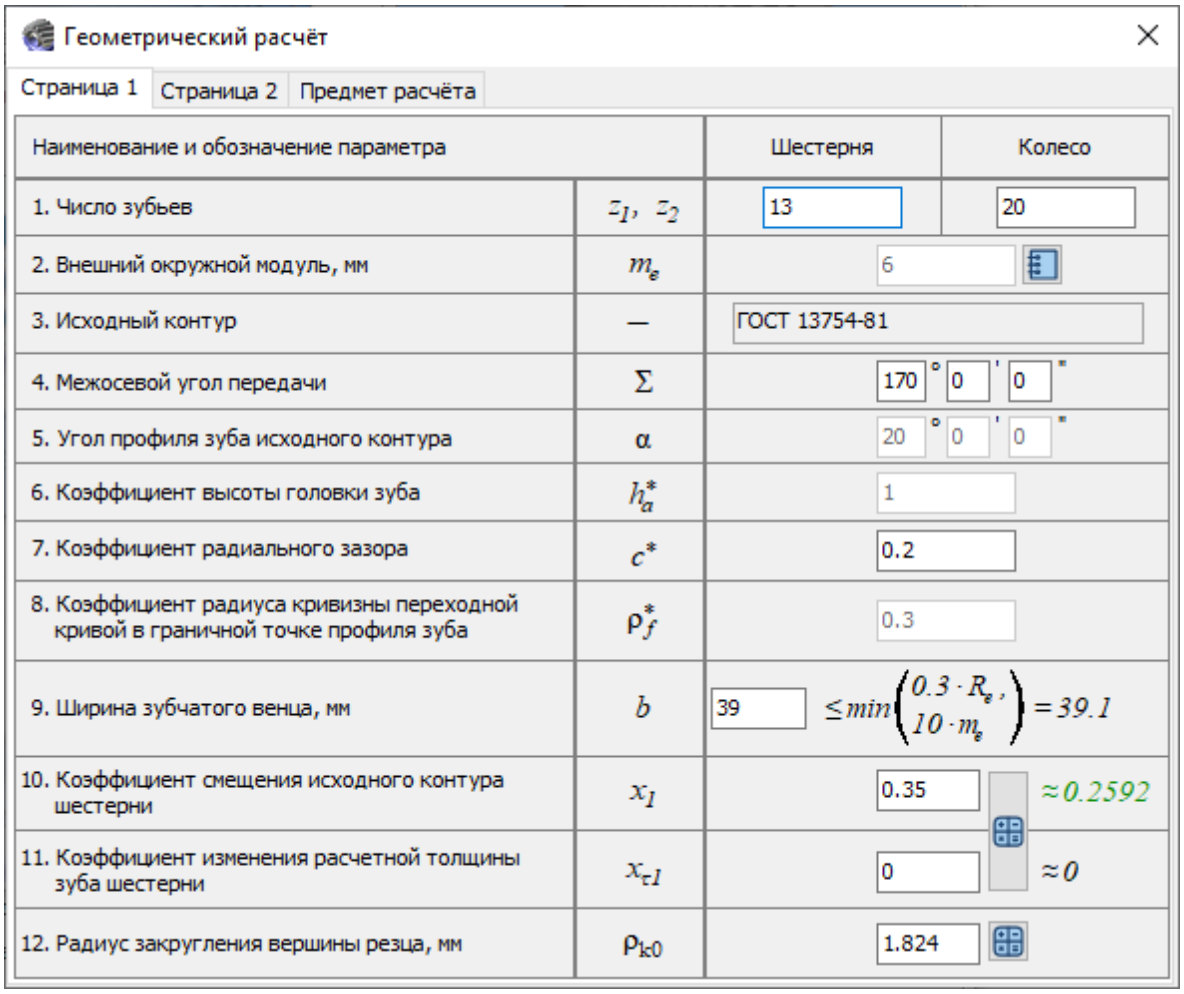
Нажмите в окне ***Расчеты конической передачи с прямыми зубьями*** кнопку, соответствующую виду расчета.

Геометрический расчет

Цели выполнения геометрического расчета:

- определение основных параметров конической передачи внутреннего зацепления с прямыми зубьями;
- определение размеров для контроля.

Введите исходные данные, необходимые для расчета.



Особенности ввода некоторых данных:

- **внешний окружной модуль**;

  Значения модуля стандартизованы. Чтобы выбрать модуль, нажмите кнопку  ***Выбор модуля и исходного контура***, расположенную справа от поля ***Внешний окружной модуль***, и выполните необходимые действия в открывшемся окне ***Выбор модуля и исходного контура*** 189. Значение модуля появится в соответствующем поле ввода, информация об исходном контуре – в поле ***Исходный контур***.

- **параметры стандартного исходного контура**;

  Поля, соответствующие параметрам исходного контура,

  - ***Угол профиля***,
  - ***Коэффициента высоты головки зуба***,
  - ***Коэффициента радиального зазора***,
  - ***Коэффициента радиуса кривизны переходной кривой***

  будут заполнены автоматически. Значения параметров будут зависеть от выбранного модуля и стандарта на исходный контур. Некоторые значения доступны для

редактирования. Если навести курсор на поле ввода редактируемого значения, появится подсказка, в которой указан диапазон его возможных значений.

- **ширина зубчатого венца**;

  При вводе ширины зубчатого венца проверяется соответствие ширины венца модулю и конусному расстоянию.

  $$b <= 0,3 * Re$$
  $$b <= 10 * m_{ne}$$

  где ***b*** - ширина венца,
  Re - внешнее конусное расстояние,
  m_{ne} - внешний окружной модуль.

  При нажатии клавиши <***F3***> выполняется подстановка в поле ввода допускаемого значения ширины венца.

- **коэффициент смещения исходного контура шестерни**;

  Значение коэффициента, рекомендуемое ГОСТ 19624-74, отображается справа от поля ввода. Если оно отличается от того, которое отображается в поле, то рекомендуемое значение выделено зеленым цветом.
  Для подстановки в поле ввода рекомендуемого значения нажмите клавишу <***F3***> или кнопку .

- **коэффициент изменения расчетной толщины зуба шестерни**;

  Значение коэффициента, рекомендуемое ГОСТ 19624-74, отображается справа от поля ввода. Если оно отличается от того, которое отображается в поле, то рекомендуемое значение выделено зеленым цветом.
  Для подстановки в поле ввода рекомендуемого значения нажмите клавишу <***F3***> или кнопку .

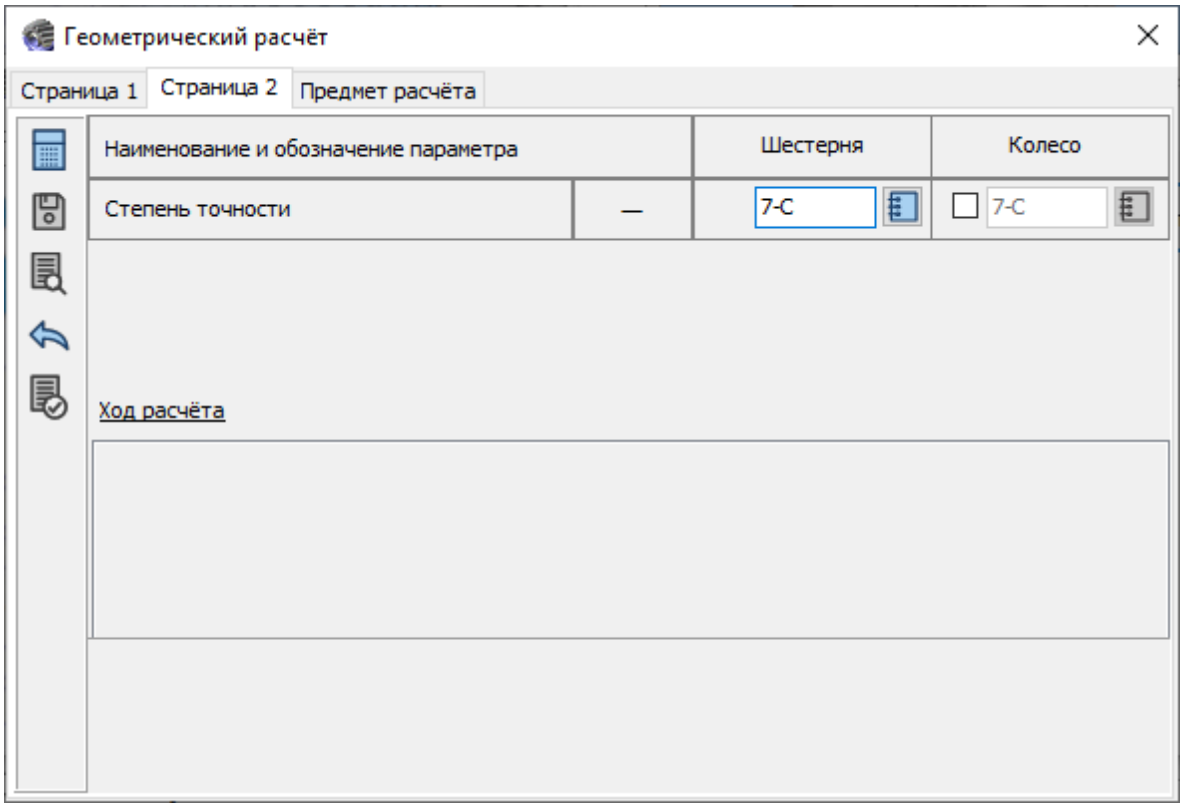
- **радиус закругления вершины резца**.

  Для вычисления и подстановки значения в поле ввода нажмите клавишу <***F3***> или кнопку .

  При нажатии клавиши <***F10***> в поля ввода автоматически будут подставлены рекомендуемые значения:

  - ширины зубчатого венца;
  - коэффициента смещения исходного контура шестерни;
  - коэффициента изменения расчетной толщины зуба шестерни;
  - радиуса закругления вершины резца.

Введите данные на ***Странице 2***.



Особенности ввода некоторых данных на второй странице:

- **Степень точности**.

  При назначении степени точности конических передач необходимо руководствоваться следующими положениями.

  1. Согласно ГОСТ 1758-81 «Основные нормы взаимозаменяемости. Передачи конические и гипоидные. Допуски» для конических и гипоидных зубчатых передач внешнего зацепления с прямыми, тангенциальными и криволинейными зубьями со средним делительным диаметром зубчатых колес до 4000 мм, средним нормальным модулем от 1 до 55 мм с прямолинейным профилем исходного контура и номинальным углом его профиля 20°, устанавливаются двенадцать степеней точности зубчатых колес и передач, обозначаемых в порядке убывания точности цифрами **1**, **2**, **3**, **4**, **5**, **6**, **7**, **8**, **9**, **10**, **11**, **12**.
  2. Для каждой степени точности зубчатых колес и передач устанавливаются нормы: кинематической точности, плавности работы и контакта зубьев зубчатых колес в передаче.
  3. Допускается комбинирование норм кинематической точности зубчатых колес и передач, норм плавности работы и норм контакта зубьев различных степеней точности.

     При комбинировании норм разных степеней точности, нормы плавности работы зубчатых колес и передач могут быть не более чем на две степени точнее или одну степень грубее норм кинематической точности; нормы контакта зубьев не могут назначаться по степеням точности более грубым, чем нормы плавности.
  4. Устанавливаются шесть видов сопряжений зубчатых колес в передаче, обозначаемых в порядке убывания гарантированного бокового зазора буквами **A**, **B**, **C**, **D**, **E**, **H**.

Виды сопряжений зубчатых колес в передаче в зависимости от степени точности по нормам плавности работы указаны в таблице.

Вид сопряжений	A	B	C	D	E	H
Степень точности передач	4 – 12	4 – 11	4 – 9	4 – 8	4 – 7	4 – 7

Точность изготовления конических и гипоидных зубчатых колес и передач задается степенью точности, а требования к боковому зазору - видом сопряжения по нормам бокового зазора

Чтобы для колеса назначить степень точности, отличную от шестерни, включите опцию, расположенную слева от поля ввода степени точности колеса.

Для управления расчетом и данными используйте кнопки инструментальной панели.

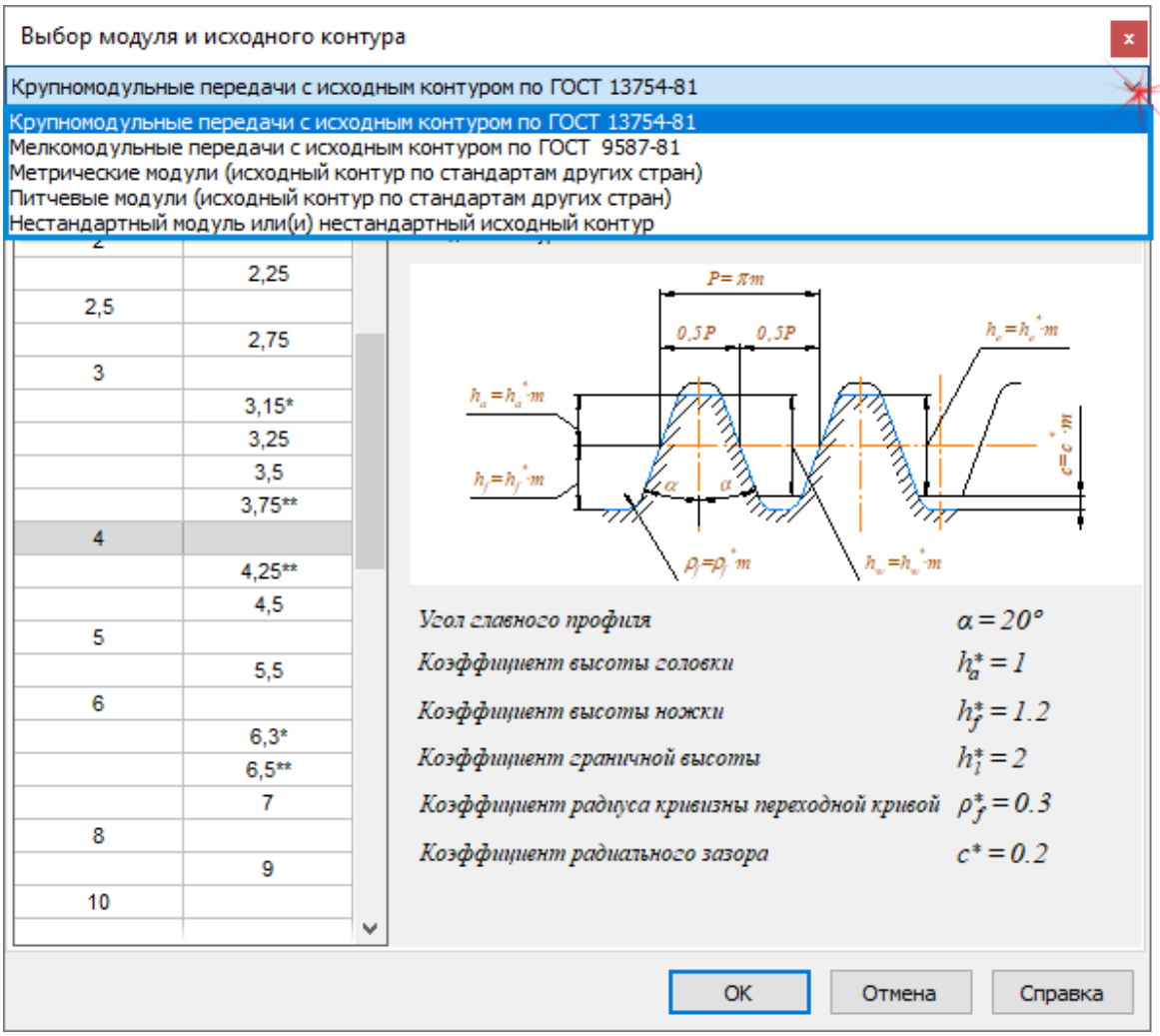
После начала выполнения расчета дополнительно будут запрошены значения диаметра вершин со срезом и расстояния от внешнего торца до измерительного сечения 191.

Во время выполнения расчета происходит диагностика рассчитываемой передачи по различным критериям и показателям. Результаты диагностики отображаются в области ***Ход расчета***. Если диагностируемые параметры удовлетворительны, результаты диагностики выделены зеленым цветом. Если неудовлетворительны – красным.
Чтобы получить информационное сообщение с рекомендациями по исправлению ошибок, наведите курсор мыши на неудовлетворительный результат диагностики.
Основной вывод по итогам диагностики передачи приведен в нижней части окна..

Для зубчатого колеса, спроектированного с нарушением показателей качества зацепления, могут возникнуть сложности при генерации 3D-модели.

Выбор модуля

Выбор модуля конической шестерни с прямыми зубьями осуществляется в диалоге ***Выбор модуля и исходного контура***, который открывается после нажатия кнопки ***Выбор модуля и исходного контура***, находящейся в окне ***Геометрический расчет***.



В верхней части окна находится раскрывающийся список, в котором перечислены варианты, доступные для выбора:

- крупномодульные передачи с исходным контуром по ГОСТ 13754-81;
- мелкомодульные передачи с исходным контуром по ГОСТ 9587-81;
- метрические модули (исходный контур по стандартам других стран);
- питчевые модули (исходный контур по стандартам других стран);
- нестандартный модуль или (и) нестандартный исходный контур.

1. Выберите из списка нужный стандарт. В левой части окна будет показан список возможных значений модуля. В правой части приведены:
   - список исходных контуров, доступных для выбора (для некоторых стандартов);
   - изображение исходного контура со всеми параметрами;
   - справочная информация об исходном контуре, в том числе:
     - *коэффициент высоты головки зуба*,
     - *коэффициент радиального зазора*,
     - *коэффициент радиуса кривизны переходной кривой.*

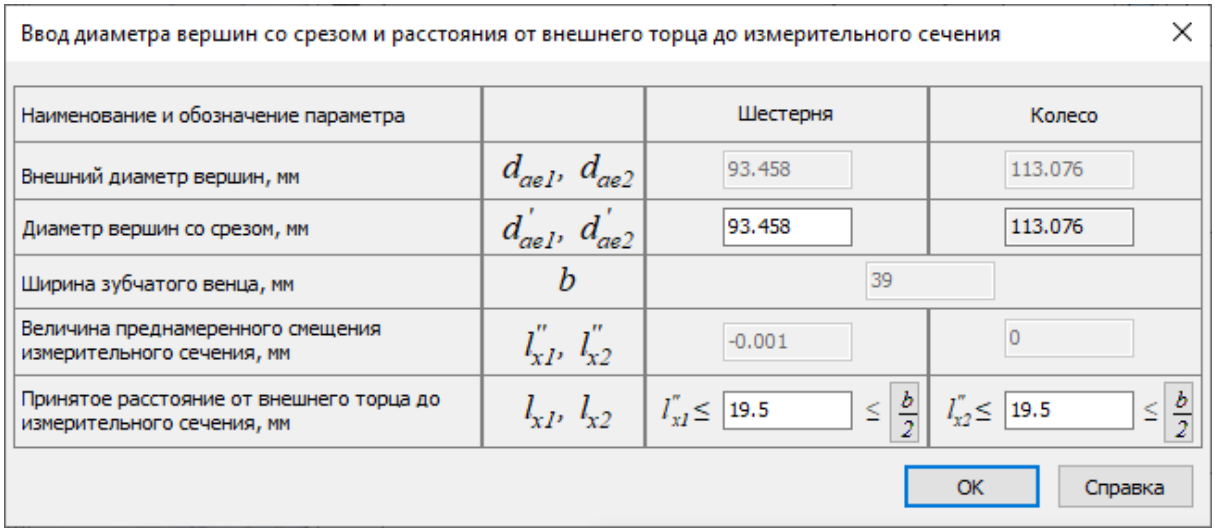
2. Щелчком мыши выберите значение модуля. В некоторых случаях вам потребуется выбрать исходный контур.

   Если вы выбрали вариант ***Нестандартный модуль или (и) нестандартный исходный контур***, введите в поле ***Модуль*** значение модуля и выберите в списке возможных значений ***Исходный контур*** стандарт на исходный контур либо вариант ***Нестандартный***.

3. Нажмите кнопку ***ОК***. Значение модуля появится в поле ***Внешний окружной модуль***, значения параметров исходного контура – в соответствующих полях ввода. Если вы выбрали нестандартный исходный контур, введите значения его параметров в соответствующих полях.

Ввод диаметра вершин со срезом

Диалог ***Ввод диаметра вершин со срезом и расстояния от внешнего торца до измерительного сечения*** появляется в процессе выполнения геометрического расчета конической передачи.



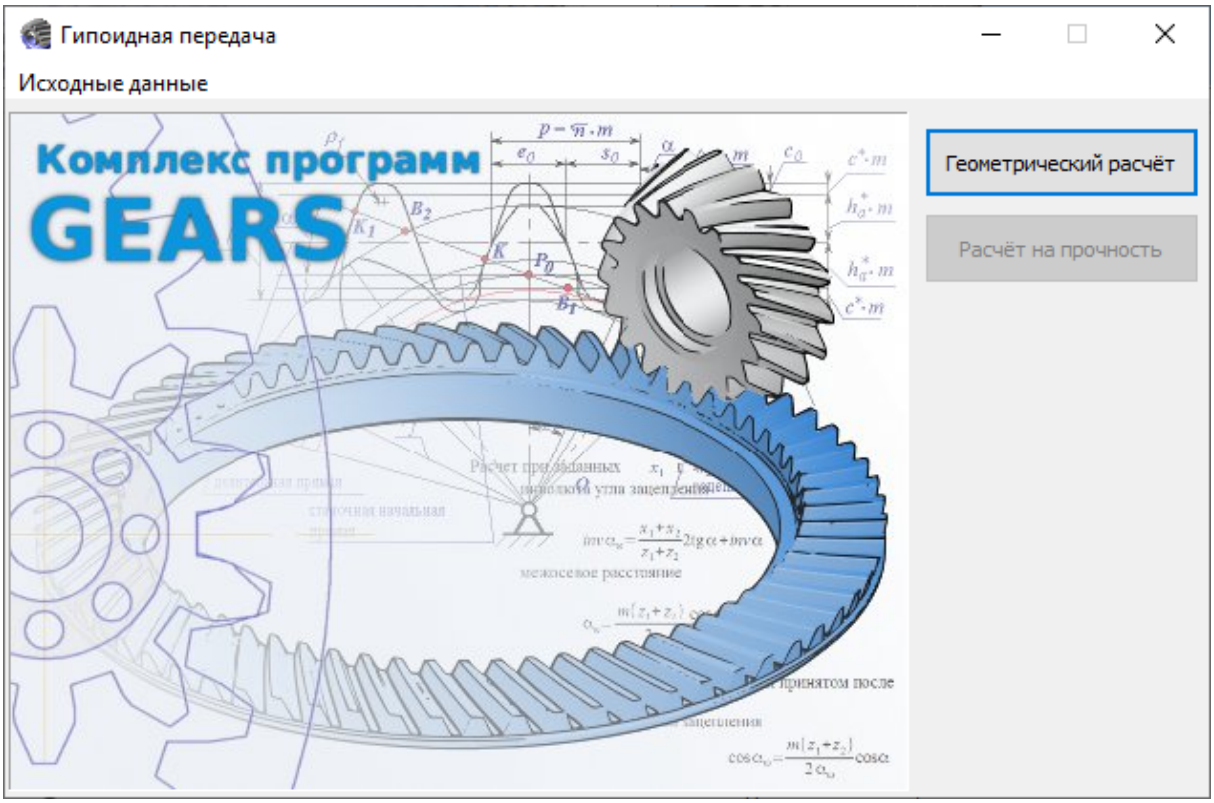
1. Введите в поля ***Диаметр вершин со срезом*** нужные значения для шестерни и колеса. Значения параметра ***Величина преднамеренного смещения измерительного сечения*** будут рассчитаны автоматически.

2. Введите в поля ***Принятое расстояние от внешнего торца до измерительного сечения*** нужные значения, руководствуясь рекомендациями, приведенными возле полей ввода. Для ввода значения, равного половине ширины зубчатого венца, нажмите кнопку $\frac{b}{2}$.

3. Нажмите кнопку ***ОК***. Расчет будет продолжен.

Гипоидная передача

Средствами модуля *КОМПАС-GEARS* могут быть выполнены геометрический расчет 192 гипоидной передачи и расчет на прочность 197. Расчеты выполняются последовательно.



Если предстоит рассчитать модель элемента механической передачи, уже созданную в системе *Валы и механические передачи 2D*, геометрические параметры этого элемента будут автоматически переданы в *Модуль расчетов механических передач*.

Линейные размеры задаются в миллиметрах, а угловые - в градусах, минутах, секундах.

Вы можете сохранять исходные данные для расчета в файле формата **.gear_hyp_dat* с помощью команд строки меню ***Исходные данные*** 365 или непосредственно при выполнении расчетов. Впоследствии сохраненные данные можно будет загружать для расчета в модуль *КОМПАС-GEARS*.

Внимание! Расчеты могут быть произведены, если на компьютере установлен Дополнительный комплект 9 **системы *Валы и механические передачи 2D*.**

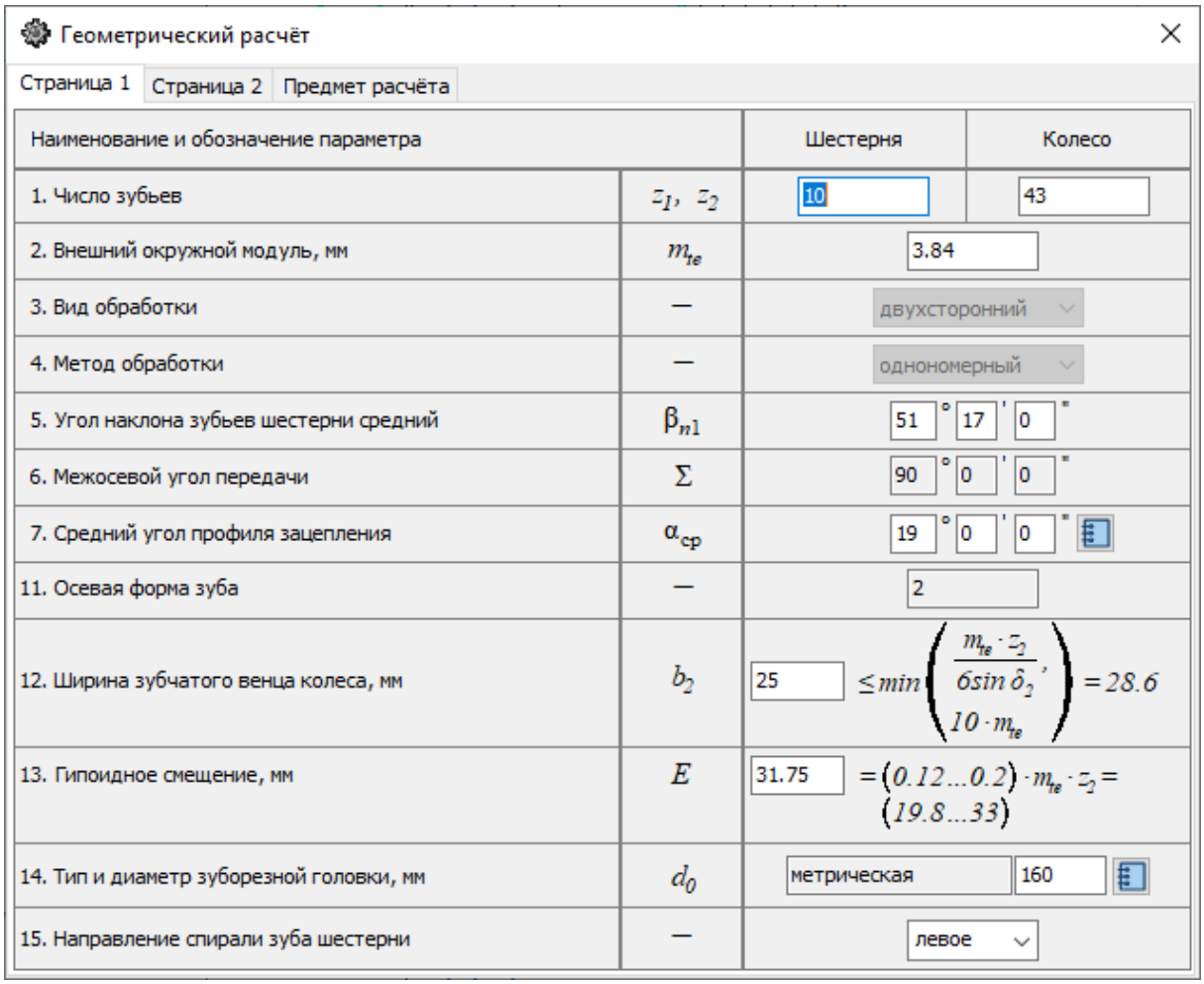
Геометрический расчет

Цели выполнения геометрического расчета:

- определение основных параметров зубчатых колес;
- определение размеров для контроля;
- проверка качества зацепления по геометрическим показателям.

Поля ввода исходных данных располагаются на двух страницах. Переход на вторую страницу и выполнение расчета возможно только после ввода всех данных на первой странице.
Данные на странице ***Предмет расчета*** (описательная информация о расчете) постоянны для всех расчетов передачи (геометрия, прочность).

Введите данные на ***Странице 1***.



Особенности ввода некоторых данных на первой странице:

- **угол наклона зубьев шестерни средний**;

  Угол наклона зубьев шестерни обычно выбирают 50° или несколько уменьшают с увеличением числа зубьев:

  - при z1 = 6...13 угол равен 50°;
  - при z1 = 14...15 угол равен 45°;
  - при z1 = 16 угол равен 40°.

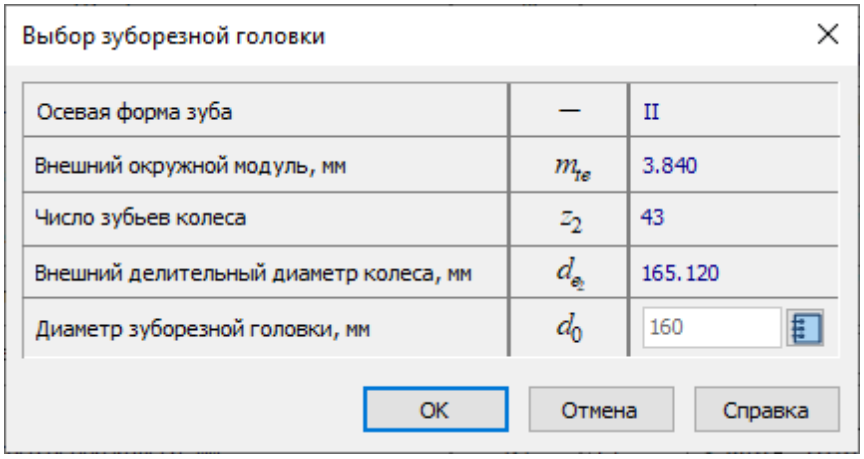
- **средний угол профиля зацепления**;

  Значение среднего угла профиля зацепления зависит от области применения передачи. Чтобы задать угол, нажмите кнопку  и выберите нужный вариант в раскрывшемся списке.

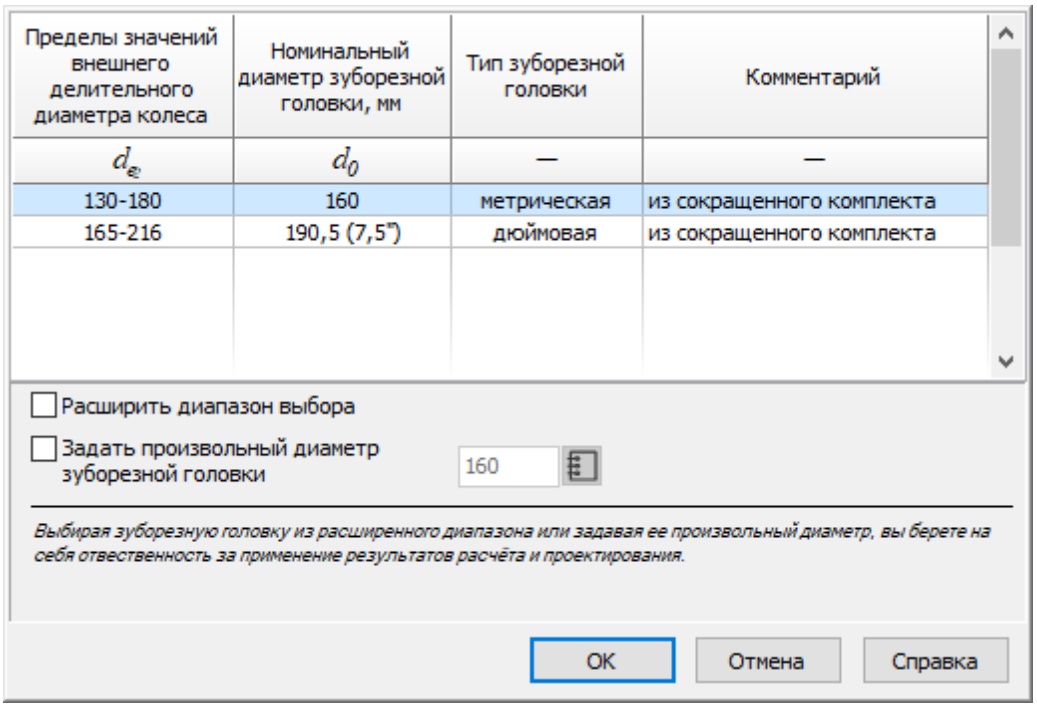
- **тип и диаметр зуборезной головки**.

  Для определения типа и диаметра зуборезной головки сделайте следующее.

1. Нажмите кнопку  , расположенную справа от полы ***Тип и диаметр зуборезной головки***. Откроется окно ***Выбор зуборезной головки***, в котором отображены параметры рассчитываемой передачи.



2. Чтобы выбрать диаметр зуборезной головки, нажмите кнопку  , расположенную справа от соответствующего поля. Откроется окно, в котором по умолчанию отображается список головок, удовлетворяющих всем ограничивающим условиям.

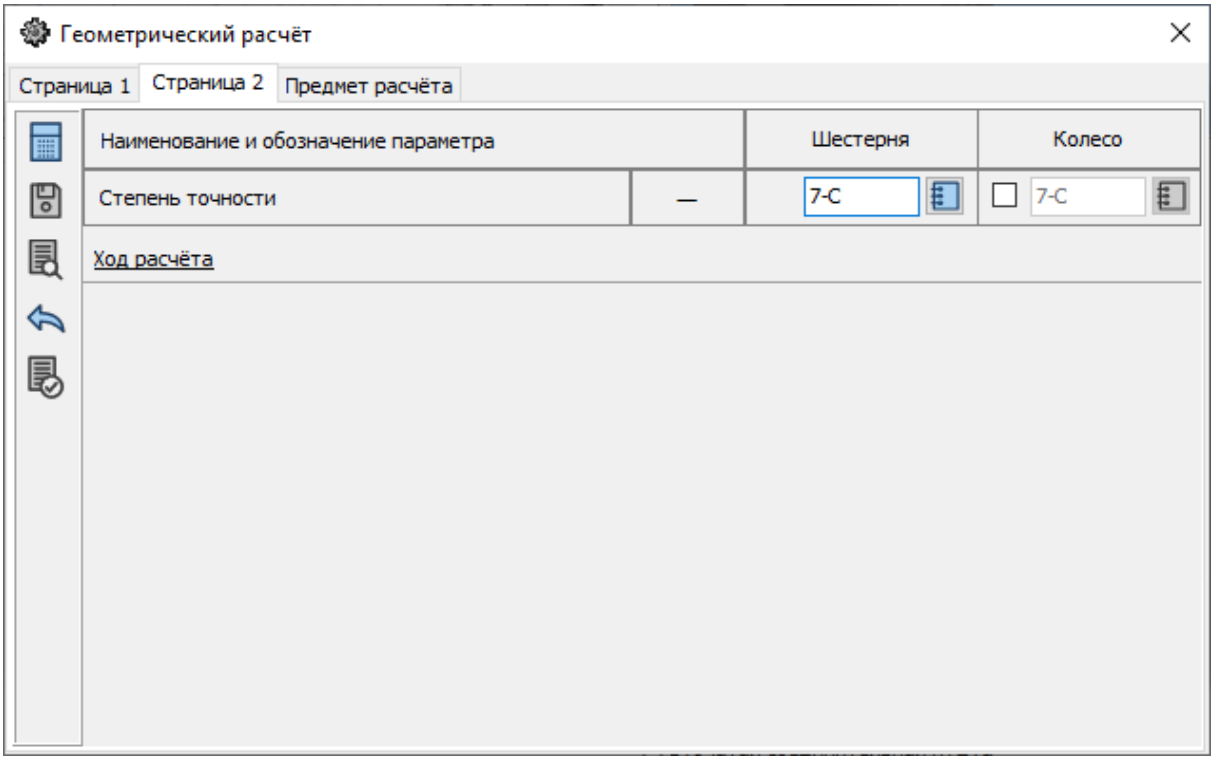


Чтобы увидеть другие варианты, включите опцию ***Расширить диапазон выбора***.
Чтобы задать нестандартный диаметр зуборезной головки, включите опцию ***Задать произвольный диаметр зуборезной головки***. Поле ввода значения станет активным. Введите нужное значение вручную либо нажмите кнопку  и выберите нужное значение в раскрывшемся списке.

Выбирая зуборезную головку из расширенного диапазона или задавая ее произвольный (нестандартный) диаметр, вы берете на себя ответственность за использование полученных результатов расчета и проектирования.

3. Нажмите кнопку ***ОК***. Окно ***Выбор зуборезной головки закроется***, тип и диаметр зуборезной головки появятся в окне ***Геометрический расчет*** в поле ***Тип и диаметр зуборезной головки***.

Введите данные на ***Странице 2***.



Особенности ввода некоторых данных на второй странице:

- **Степень точности**.

  При назначении степени точности гипоидных передач необходимо руководствоваться следующими положениями.

  1. Согласно ГОСТ 1758-81 «Основные нормы взаимозаменяемости. Передачи конические и гипоидные. Допуски» для конических и гипоидных зубчатых передач внешнего зацепления с прямыми, тангенциальными и криволинейными зубьями со средним делительным диаметром зубчатых колес до 4000 мм, средним нормальным модулем от 1 до 55 мм с прямолинейным профилем исходного контура и номинальным углом его профиля 20°, устанавливаются двенадцать степеней точности зубчатых колес и передач, обозначаемых в порядке убывания точности цифрами **1**, **2**, **3**, **4**, **5**, **6**, **7**, **8**, **9**, **10**, **11**, **12**.
  2. Для каждой степени точности зубчатых колес и передач устанавливаются нормы: кинематической точности, плавности работы и контакта зубьев зубчатых колес в передаче.

3. Допускается комбинирование норм кинематической точности зубчатых колес и передач, норм плавности работы и норм контакта зубьев различных степеней точности.

   При комбинировании норм разных степеней точности, нормы плавности работы зубчатых колес и передач могут быть не более чем на две степени точнее или одну степень грубее норм кинематической точности; нормы контакта зубьев не могут назначаться по степеням точности более грубым, чем нормы плавности.

4. Устанавливаются шесть видов сопряжений зубчатых колес в передаче, обозначаемых в порядке убывания гарантированного бокового зазора буквами **A**, **B**, **C**, **D**, **E**, **H**.

   Виды сопряжений зубчатых колес в передаче в зависимости от степени точности по нормам плавности работы указаны в таблице.

Вид сопряжений	A	B	C	D	E	H
Степень точности передач	4 – 12	4 – 11	4 – 9	4 – 8	4 – 7	4 – 7

Точность изготовления конических и гипоидных зубчатых колес и передач задается степенью точности, а требования к боковому зазору - видом сопряжения по нормам бокового зазора

Чтобы для колеса назначить степень точности, отличную от шестерни, включите опцию, расположенную слева от поля ввода степени точности колеса.

Для управления расчетом и данными используйте кнопки инструментальной панели.

После начала выполнения расчета дополнительно будут запрошены значения диаметра вершин со срезом и расстояния от внешнего торца до измерительного сечения 196.

Во время выполнения расчета происходит диагностика рассчитываемой передачи по различным критериям и показателям. Результаты диагностики отображаются в области ***Ход расчета***. Если диагностируемые параметры удовлетворительны, результаты диагностики выделены зеленым цветом. Если неудовлетворительны – красным.
Чтобы получить информационное сообщение с рекомендациями по исправлению ошибок, наведите курсор мыши на неудовлетворительный результат диагностики.
Основной вывод по итогам диагностики передачи приведен в нижней части окна.

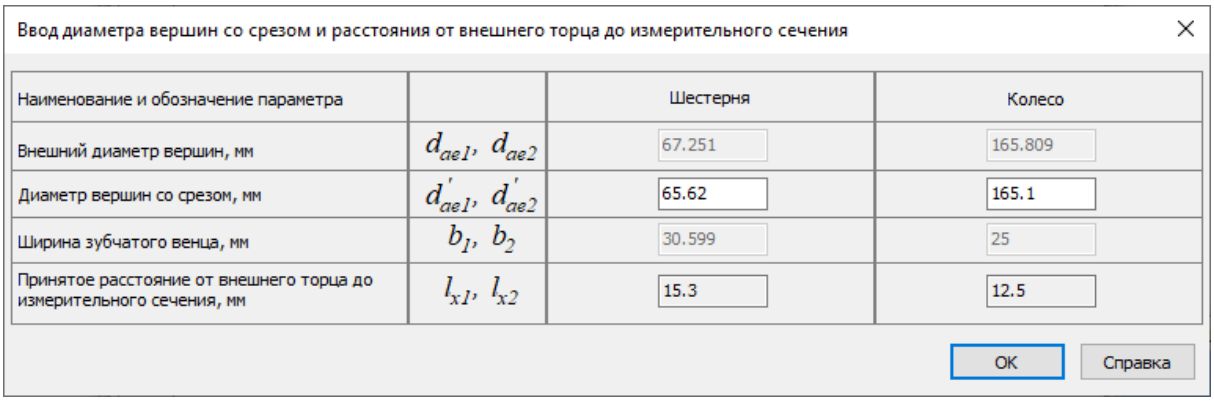


Для зубчатого колеса, спроектированного с нарушением показателей качества зацепления, могут возникнуть сложности при генерации 3D-модели.

Ввод диаметра вершин со срезом

Диалог ***Ввод диаметра вершин со срезом и расстояния от внешнего торца до измерительного сечения*** появляется в процессе выполнения геометрического расчета гипоидной передачи.

1. При необходимости измените значения в полях ***Диаметр вершин со срезом*** для шестерни и колеса.
2. Нажмите кнопку ***ОК***. Расчет будет продолжен.



Расчет на прочность

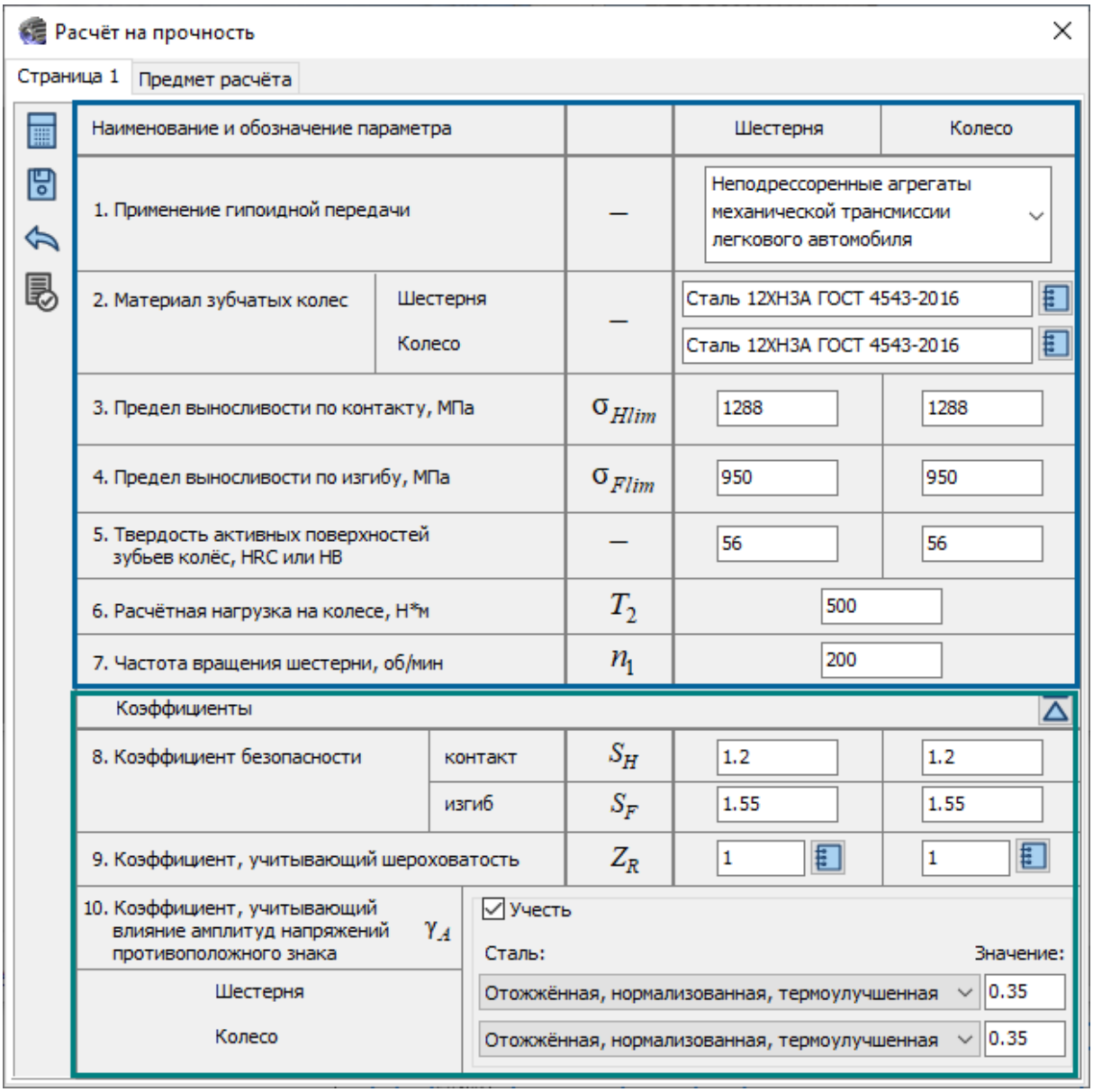
Цель выполнения расчета на прочность – определение коэффициенты запаса по контактным напряжениям и напряжениям изгиба.

Поля ввода исходных данных располагаются на одной странице. Данные на странице ***Предмет расчета*** (описательная информация о расчете) постоянны для всех расчетов передачи (геометрия, прочность).

Введите данные на ***Странице 1***. Страница условно разделена на две области (панели):

- ***Параметры*** – предназначена для ввода значений параметров, необходимых для расчета;
- ***Коэффициенты*** – предназначена для ввода значений коэффициентов.

По умолчанию панель ***Коэффициенты*** раскрыта. Чтобы скрыть ее, щелкните мышью по названию панели ***Коэффициенты*** или нажмите кнопку  ***Скрыть панель с коэффициентами***. Повторный щелчок мышью по названию панели или нажатие кнопки  ***Показать панель с коэффициентами*** приведет к тому, что панель ***Коэффициенты*** будет скрыта.



Особенности ввода некоторых данных:

- **материал зубчатых колес**;

  Выбор осуществляется в специализированном диалоге, который открывается после нажатия кнопки .

  Введите значение вручную или нажмите кнопку . Загрузится *Модуль выбора материалов*, с помощью которого вы сможете выбрать материал зубчатого колеса и определить механические свойства этого материала.

- **предел выносливости по контакту** σ_{Hlim};

  Значение определяется автоматически, если материала был выбран из *Модуля материалов*.

При НВ < 350, нормализации или улучшении:

$$\sigma_{H lim b} = 2H_{HB} + 70$$

При *HRC* > *56*, цементации или нитроцементации:

$$\sigma_{H lim b} = 23H_{HRC}$$

- **предел выносливости по изгибу** $\sigma^{o}_{f lim b}$;

  Значение определяется автоматически, если материала был выбран из *Модуля материалов*.

  Предел выносливости по изгибу, соответствующий базовому числу циклов перемены напряжений, принимается по таблице ГОСТ 21354-87 в зависимости от марки материала и вида термообработки.

- **твердость активных поверхностей зубьев**;

  Значение определяется автоматически, если материал был выбран из *Модуля материалов*.

- **расчетная нагрузка**;

  Задается на шестерне.

- **коэффициент запаса прочности (безопасности) по контакту SH**;

  Значение определяется автоматически, если материала был выбран из *Модуля материалов*.
  Для зубчатых колес с однородной структурой материала ***SH=1,1***. Для зубчатых колес с поверхностным упрочнением ***SH=1,2***.
  Для передач, выход из строя которых связан с тяжелыми последствиями, рекомендуется приведенные значения увеличивать до ***1,25*** и ***1,35*** соответственно.

- **коэффициент запаса прочности (безопасности) по изгибу SF**;

  Значение определяется автоматически, если материала был выбран из *Модуля материалов*.

  Коэффициент учитывает нестабильность свойств материала зубчатых колес и ответственность зубчатой передачи. Выбирается в зависимости от марки материала, способа термической и химико-термической обработки и заданной вероятности неразрушения по таблице ГОСТ 21354-87.

  Так для сталей 18ХГТ, 12Х2Н4А, 20Х2Н4А, 12ХН3А, 20ХН3А, 30ХН3А (цементация) – ***SF=1,55***, а для сталей 38ХС, 45Х, 45 (нормализация, улучшение) – ***SF=1,75***.

- **коэффициент, учитывающий шероховатость**;

  Определяется по тому из сопряженных колес, зубья которого имеют более грубые поверхности, т.е. в зависимости от класса шероховатости поверхности. Значения его следующие:

Класс шероховатости поверхности	Коэффициент
>= 7 (Ra = 1.25..0.63)	1,00
6 (Ra = 2.5..1.25)	0,95
4..5 (Ra = 40..10)	0,90

По умолчанию задается 1,0.

- **коэффициент, учитывающий влияние амплитуд напряжений противоположного знака**.

  Если элементы передачи испытывают знакопеременную нагрузку, то при расчете на выносливость необходимо ввести коэффициент, значение которого определяется автоматически, в зависимости от свойств материала. Для учета коэффициента включите опцию ***Учесть***.
  Чтобы не учитывать коэффициент, выключите опцию.

Для управления расчетом и данными используйте кнопки инструментальной панели.

После выполнения расчета его результаты будут представлены в виде отчета и показаны в окне ***Результаты расчета***.

Червячные передачи

Средствами модуля *КОМПАС-GEARS* могут быть рассчитаны:

- червячная цилиндрическая передача 200;
- ортогональная передача «Цилиндрический червяк – Цилиндрическое косозубое колесо» 213;
- червячная глобоидная передача 225;
- червячно-реечная передача «Цилиндрический червяк - Зубчатая рейка» 229;
- червячно-реечная передача «Цилиндрический червяк - Червячная рейка» 233.

Червячная цилиндрическая передача

Средствами модуля *КОМПАС-GEARS* могут быть рассчитаны цилиндрические червячные передачи с прямолинейным или криволинейным профилем исходного контура (профилем витков червяка) для червяков следующих типов:

ZA – архимедов червяк;

ZN – конволютный червяк;

ZI – эвольвентный червяк;

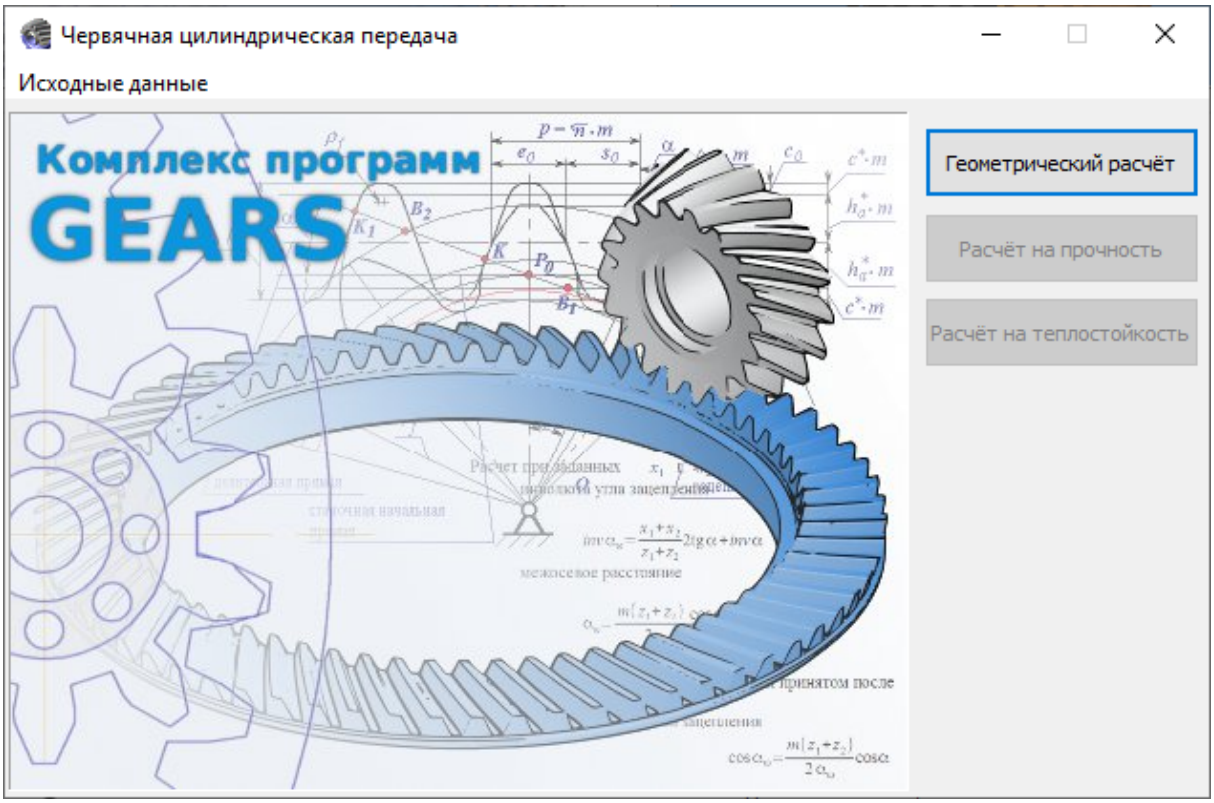
ZK – цилиндрический, образованный конусом, червяк;

ZT – цилиндрический, образованный тором, червяк.

В основу расчета положены методики, изложенные в ГОСТ 19650-74 («Передачи цилиндрические червячные. Расчет геометрии»), справочнике «Расчет и проектирование деталей машин» (К.П.Жуков, А.К.Кузнецова, С.И.Масленникова и др.), и методики, разработанные в расчетно-вычислительном центре акционерного общества «Специальное конструкторское бюро машиностроения» (г.Курган).

Предусмотрено три вида расчетов, выполняемых последовательно:

- геометрический расчет 201;
- расчет на прочность 207;
- расчет на теплостойкость 210.



Если предстоит рассчитать модель элемента механических передач уже созданную в системе *Валы и механические передачи 2D*, геометрические параметры этого элемента будут автоматически переданы в *Модуль расчетов механических передач*.

Линейные размеры задаются в миллиметрах, а угловые - в градусах, минутах, секундах.

Исходные данные для расчета могут быть сохранены в файле формата **.worm_cyl_dat* с помощью команд строки меню ***Исходные данные*** 365 или непосредственно при выполнении расчетов. Впоследствии сохраненные данные можно будет загружать для расчета в модуль *КОМПАС-GEARS*.

Нажмите в окне ***Расчеты червячной цилиндрической передачи*** кнопку, соответствующую виду расчета.

Геометрический расчет

Варианты расчета 201;

Описание расчета 202.

Варианты расчета

Выберите необходимый вариант задания исходных данных:

Задан коэффициент смещения червяка.

Задано межосевое расстояние передачи.

Описание расчета

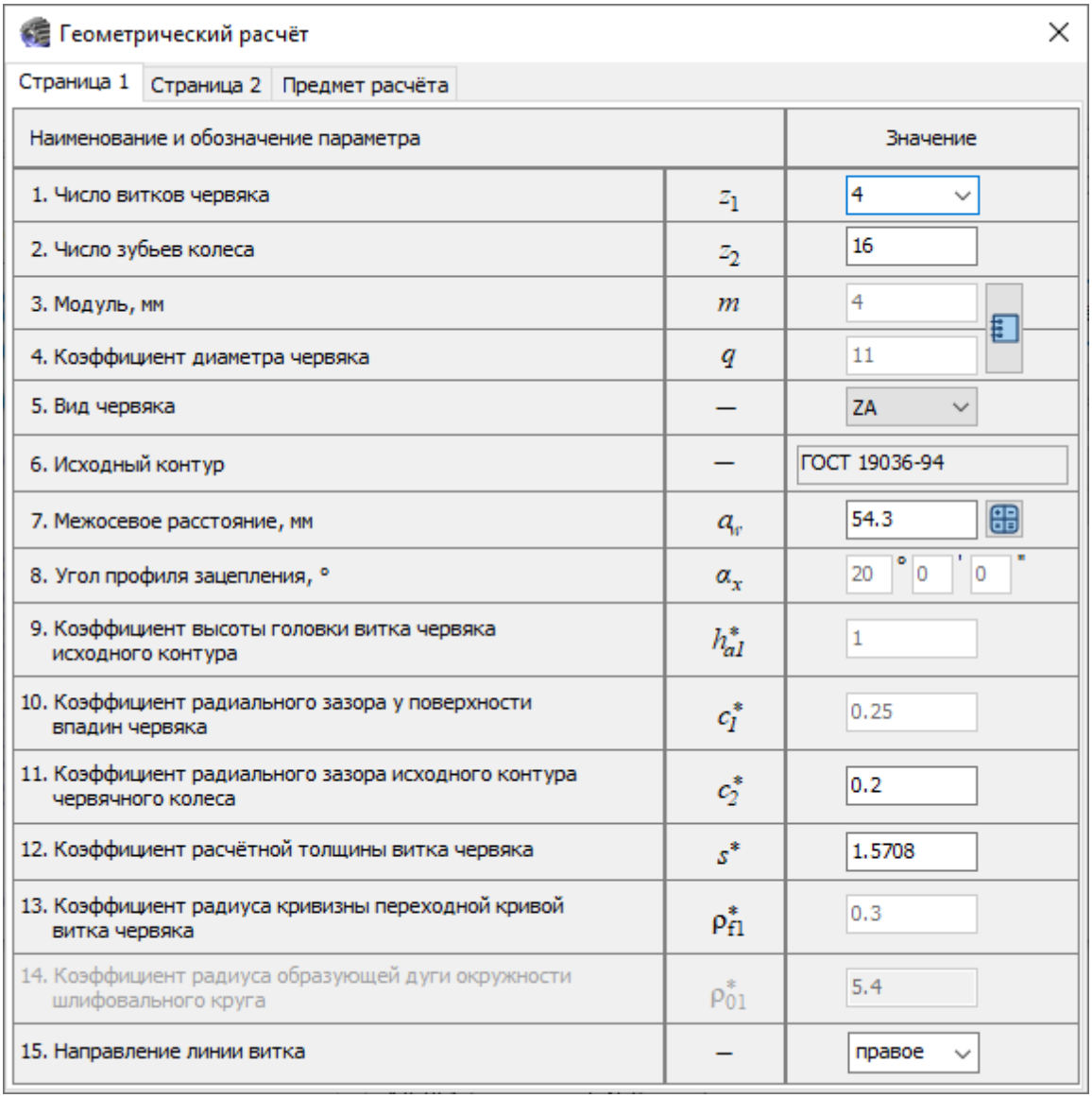
Цели выполнения геометрического расчета:

- определение основных параметров червяка;
- определение размеров для контроля;
- проверка качества зацепления по геометрическим показателям.

Расчет выполняется по ГОСТ 19650-74 «Передачи цилиндрические червячные. Расчет геометрии».

Поля ввода исходных данных располагаются на двух страницах. Перейти на вторую страницу и выполнить расчет можно только после ввода всех данных на первой странице. Данные на странице ***Предмет расчета*** (описательная информация о расчете) постоянны для всех расчетов передачи (геометрия, прочность, долговечность).

Введите данные на ***Странице 1***.



Особенности ввода некоторых данных на первой странице:

- **число витков червяка**;

  Как правило, используются значения - 1, 2, 4.

- **модуль и коэффициент диаметра червяка**;

  Значения модуля и коэффициентов диаметра червяка стандартизованы. Чтобы выбрать значения, нажмите кнопку  , расположенную справа от полей ***Модуль*** и ***Коэффициент диаметра червяка***, и выполните необходимые действия в открывшемся окне ***Выбор модуля и исходного контура*** 206. Значение параметров появится в соответствующих полях ввода.

- **вид червяка**

  ZA - архимедов червяк;
  ZN - конволютный червяк;
  ZI - эвольвентный червяк;
  ZK - цилиндрический, образованный конусом, червяк;
  ZT – цилиндрический, образованный тором, червяк.

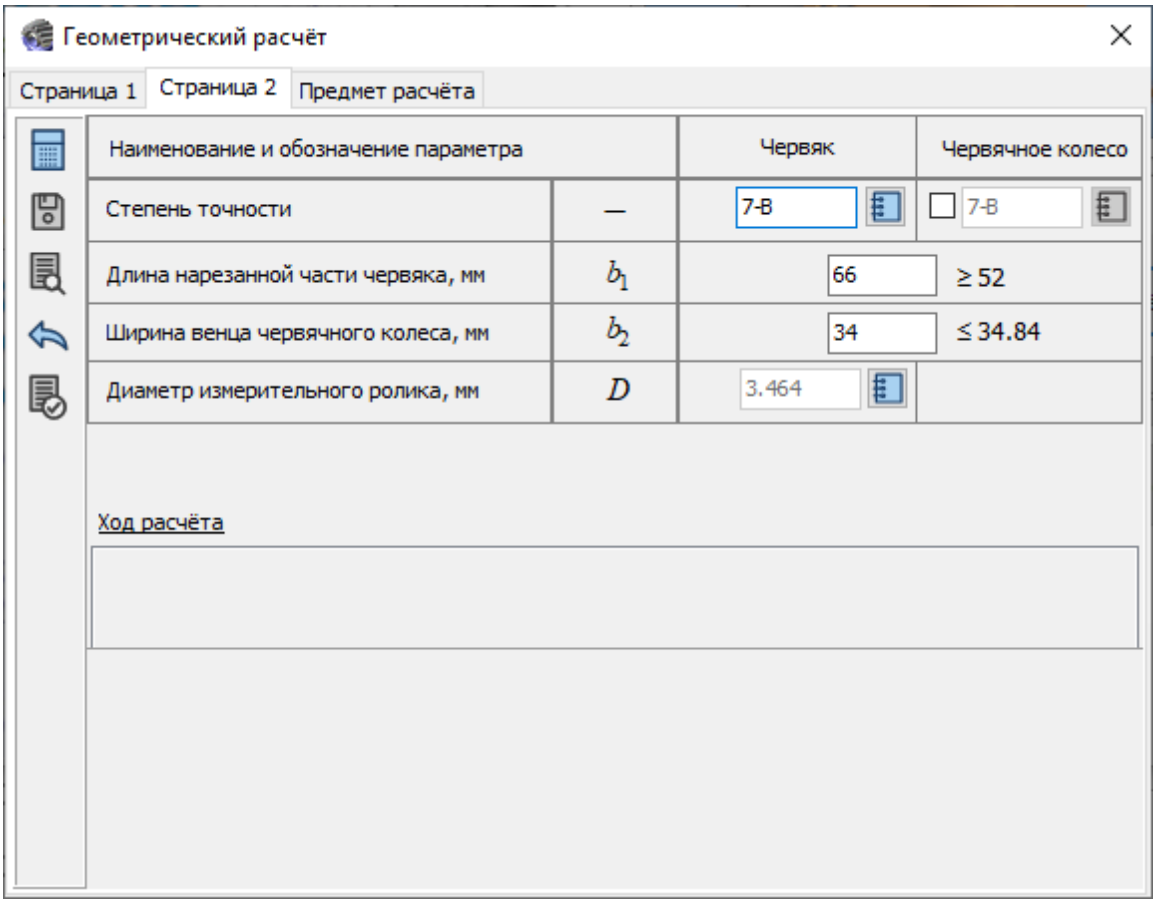
- **параметры стандартного исходного контура**;

  Поля, соответствующие параметрам исходного контура,

  - ***Угол профиля зацепления***,
  - ***Коэффициента высоты головки зуба***,
  - ***Коэффициента радиального зазора у поверхности впадин червяка***,
  - ***Коэффициента радиального зазора у поверхности впадин червячного колеса***,
  - ***Коэффициент расчетной толщины***,
  - ***Коэффициента радиуса кривизны переходной кривой в граничной точке профиля зуба*** (только для червяка **ZT**);
  - ***Коэффициент радиуса образующей дуги окружности шлифовального круга***

  будут заполнены автоматически. Некоторые значения доступны для редактирования. Если навести курсор на поле ввода редактируемого значения, появится подсказка, в которой указан диапазон его возможных значений.

Введите данные на ***Странице 2***:



- длину нарезанной части червяка и ширину венца червячного колеса (при вводе руководствуйтесь ограничениями по значениям величин, отображенными справа от полей ввода);
- диаметр измерительного ролика (для выбора значения из стандартного ряда нажмите кнопку).
- степень точности:

для крупномодульных передач;

При назначении степени точности червячных цилиндрических передач необходимо руководствоваться следующими положениями.

1. Согласно ГОСТ 3675-81 «Основные нормы взаимозаменяемости. Передачи червячные цилиндрические. Допуски» для цилиндрических передач и червячных пар (без корпуса), выполняемых в соответствии с ГОСТ 19036-81*, с архимедовыми червяками ZA, эвольвентными червяками ZI, конволютными червяками ZN всех типов и с червяками типов ZK, образованными конусом, с межосевым углом, равным 90°, с модулем от 1 до 25 мм, с делительным диаметром червяка до 450 мм и делительным диаметром червячного колеса до 6300 мм, двенадцать степеней точности червяков, червячных колес, червячных пар и червячных передач, обозначаемых в порядке убывания точности цифрами **1**, **2**, **3**, **4**, **5**, **6**, **7**, **8**, **9**, **10**, **11**, **12**.
2. Для червяков, червячных колес, червячных пар и червячных передач каждой степени точности устанавливаются нормы кинематической точности, нормы плавности работы и нормы контакта зубьев и витков.

Степень точности передачи или пары определяется по элементу (червяку, червячному колесу или корпусу) с наиболее низкими показателями.

Для нерабочих боковых поверхностей (сторон) зубьев червячного колеса и витков червяка, используемых в течение ограниченного времени при пониженных нагрузках, допускается снижение точности, но не более чем на две степени.

3. Допускается комбинирование норм кинематической точности, норм плавности работы и норм контакта зубьев и витков разных степеней точности.

   При комбинировании норм разных степеней точности нормы плавности работы червяков, червячных колес, червячных пар и червячных передач могут быть не более чем на две степени точнее или на одну степень грубее норм кинематической точности; нормы контакта зубьев червячного колеса и витков червяка не могут быть грубее норм плавности работы червячных передач.

4. Устанавливаются шесть видов сопряжений зубчатых колес в передаче, обозначаемых в порядке убывания гарантированного бокового зазора буквами **A**, **B**, **C**, **D**, **E**, **H** и восемь видов допуска $\mathbf{T_{jn}}$– **x**, **y**, **z**, **a**, **b**, **c**, **d**, **h**. Обозначения приведены в порядке убывания величины бокового зазора и допуска на него.

   Рекомендуемое соответствие между видами сопряжения червяка с червячным колесом в передаче и степенью точности по нормам плавности работы указано в таблице.

Вид сопряжений	A	B	C	D	E	H
Степень точности передач	5 – 12	5 – 11	3 – 9	3 – 8	2 – 6	2 – 6

для мелкомодульных передач.

При назначении степени точности червячных цилиндрических передач необходимо руководствоваться следующими положениями.

1. Согласно ГОСТ 9774-81 «Основные нормы взаимозаменяемости. Передачи червячные цилиндрические мелкомодульные. Допуски» для мелкомодульных цилиндрических червячных передач и пар (поставляемых несобранными в передачу) с архимедовыми червяками ZA, эвольвентными червяками Z1, червяками с прямолинейным профилем витка ZN1, червяками с прямолинейным профилем впадины ZN2, червяками, образованными конусом ZK1 и ZK2, с исходным червяком по ГОСТ 20184-81, межосевым углом, равным 90°, модулем от 0,1 до 1,0 мм (исключительно), делительным диаметром червяка до 30 мм, любым числом витков и делительным диаметром червячного колеса до 400 мм (при модуле, равном или менее 0,5 мм - до 200 мм) устанавливаются двенадцать степеней точности червячных передач, червячных пар, червяков и червячных колес, обозначаемых в порядке убывания точности цифрами **1**, **2**, **3**, **4**, **5**, **6**, **7**, **8**, **9**, **10**, **11**, **12**.

2. Для каждой степени точности червячных передач, червячных пар, червяков и червячных колес устанавливаются нормы: кинематической точности, плавности работы и контакта зубьев и витков.

   Степень точности передачи или пары определяется по точности червяка, червячного колеса или монтажных размеров червячной передачи с наиболее низкими показателями.

Для нерабочих боковых поверхностей (сторон) зубьев червячного колеса и витков червяка, используемых в течение ограниченного времени при пониженных нагрузках, допускается снижение точности, но не более, чем на две степени.

3. Допускается комбинирование норм кинематической точности, норм плавности работы и норм контакта зубьев и витков для червячных передач, червячных пар, червяков и червячных колес разных степеней точности.

   При комбинировании норм разных степеней точности нормы плавности работы червячных передач, червячных пар, червяков и червячных колес могут быть не более, чем на одну степень точнее или грубее норм кинематической точности; нормы контакта зубьев и витков могут назначаться по любым степеням более точным и не более чем на одну степень точности грубее норм плавности работы червячных передач.

4. Для передач с нерегулируемым и регулируемым расположением осей устанавливаются пять видов сопряжений червяка с червячным колесом в передаче **D**, **E**, **F**, **G**, **H** и четыре вида допуска $\mathbf{T_{jn}}$– **e**, **f**, **g**, **h**. Обозначения приведены в порядке убывания величины бокового зазора и допуска на него.

   Виды сопряжения червяка с червячным колесом в передаче в зависимости от степени точности по нормам плавности работы указаны в таблице.

Вид сопряжений	**D, E**		**F**	**G**	**H**
Модуль m, мм	от 0,1 до 0,5	св. 0,5 до <1,0	от 0,1 до <1,0		
Степень точности по нормам плавности	3 – 10	3 – 12	3 – 10	3 – 8	3 – 7

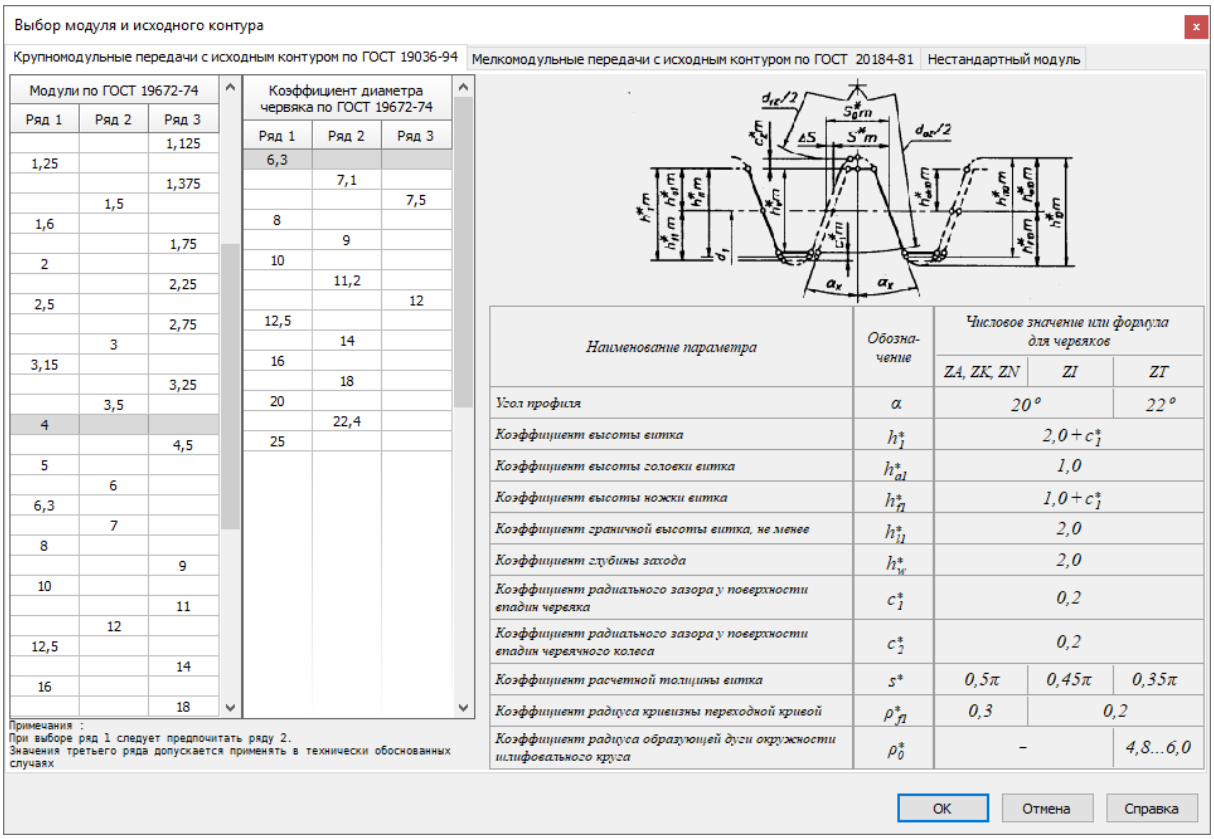
Чтобы для червячного колеса назначить степень точности, отличную от червяка, включите опцию, расположенную слева от поля ввода степени точности червячного колеса.

Для управления расчетом и данными используйте кнопки инструментальной панели.

Во время выполнения расчета происходит диагностика рассчитываемой передачи по различным критериям и показателям. Результаты диагностики отображаются в области ***Ход расчета***. Если диагностируемые параметры удовлетворительны, результаты диагностики выделены зеленым цветом. Если неудовлетворительны – красным.
Чтобы получить информационное сообщение с рекомендациями по исправлению ошибок, наведите курсор мыши на неудовлетворительный результат диагностики.
Основной вывод по итогам диагностики передачи приведен в нижней части окна.

Выбор модуля и коэффициента диаметра червяка

Выбор модуля и коэффициента диаметра червяка осуществляется в диалоге, который открывается после нажатия кнопки  , находящейся в окне ***Геометрический расчет*** справа от полей ***Модуль*** и ***Коэффициент диаметра червяка***.



В окне диалога содержится несколько вкладок, каждая из которых соответствует определенному стандарту:

- мелкомодульные передачи с исходным контуром по ГОСТ 20184-81;
- крупномодульные передачи с исходным контуром по ГОСТ 19036-94;
- нестандартный модуль.

1. Чтобы выбрать модуль и коэффициент диаметра червяка, раскройте вкладку с нужным стандартом. В левой части окна будет показан список возможных значений модуля и коэффициента диаметра червяка. В правой части приведены:
   - изображение исходного контура со всеми параметрами;
   - справочная информация об исходном контуре.
2. Щелчком мыши последовательно выберите нужные значения модуля и коэффициента диаметра червяка.

   Если вы раскрыли вкладку ***Нестандартный модуль***, вам потребуется ввести в соответствующие поля ввода значения модуля и коэффициента диаметра червяка, а также выбрать стандарт на исходный контур в списке возможных значений ***Исходный контур***.
3. Нажмите кнопку ***ОК***. Значения модуля и коэффициента диаметра червяка появятся в окне ***Геометрический расчет***.

Расчет на прочность

Описание расчета 208;

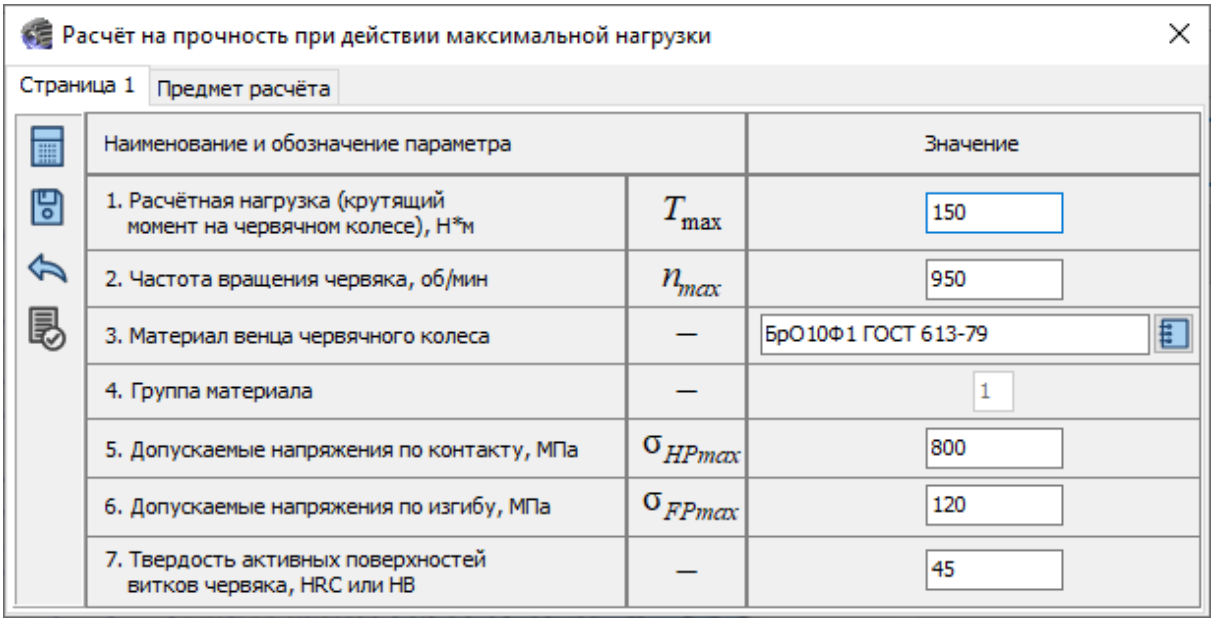
Материал венца червячных колес 208.

Описание расчета

Цель выполнения расчета на прочность – определение коэффициентов запаса по контактным напряжениям и напряжениям изгиба.
Расчет цилиндрической червячной передачи при действии максимальной нагрузки выполняется согласно рекомендациям, приведенным в справочнике «Расчет и проектирование деталей машин» (авторы К.П.Жуков, А.К.Кузнецова, С.И.Масленникова и др.)

Поля ввода исходных данных располагаются на одной странице. Данные на странице ***Предмет расчета*** (описательная информация о расчете) постоянны для всех расчетов передачи (геометрия, прочность, долговечность).

Введите исходные данные на ***Странице 1***.



Особенности ввода некоторых данных:

- **расчетная нагрузка**;

  Задается на червячном колесе.

- **материал венца червячного колеса**.

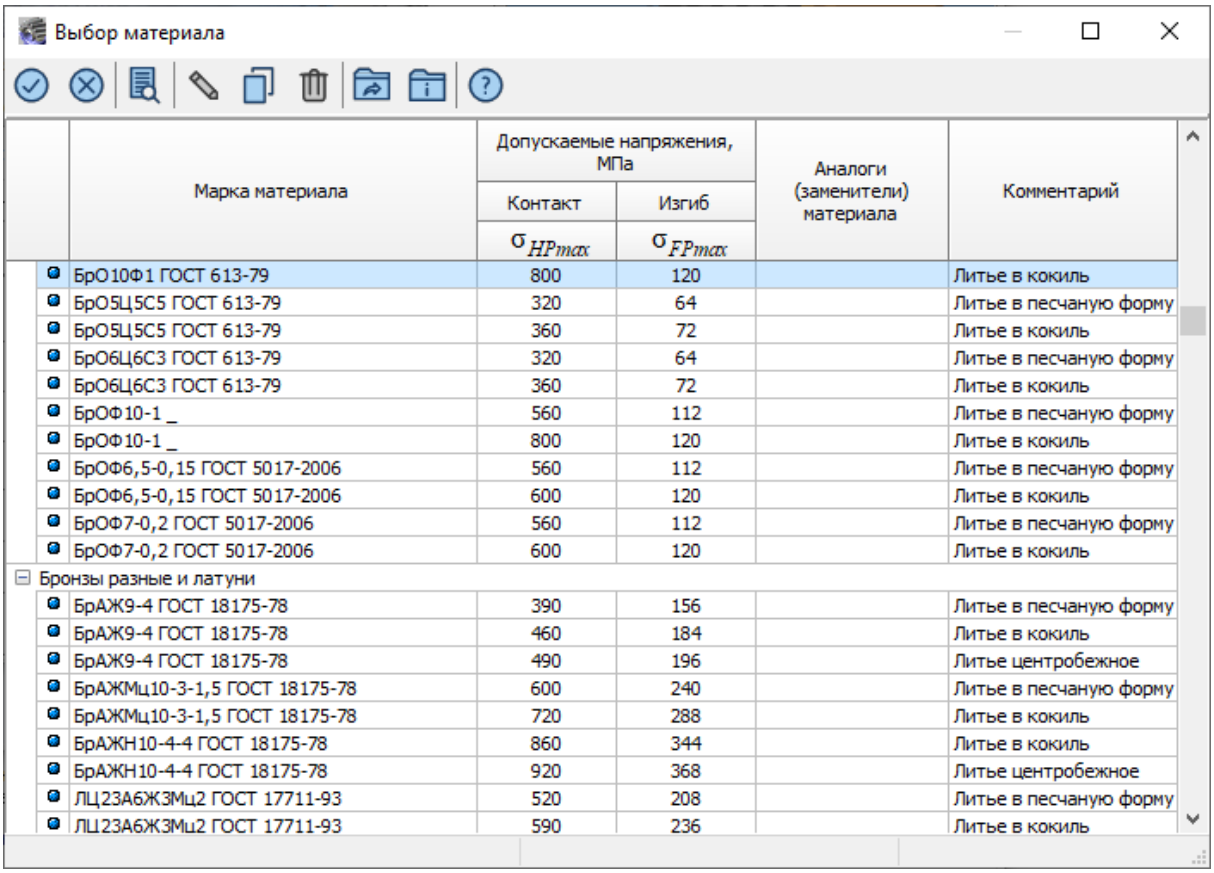
  Материал венца червячного колеса можно ввести вручную или выбрать из базы данных 208.

  Чтобы раскрыть базу, нажмите кнопку . В этом случае группа материала, допускаемые напряжения, твердость поверхностей будут подставлены в соответствующие поля ввода автоматически.

Для управления расчетом и данными используйте кнопки инструментальной панели.

Материал венцов червячных колес

Выбор материала венца червячного колеса возможен из базы данных.



Марка материала	Допускаемые напряжения, МПа		Аналоги (заменители) материала	Комментарий
	Контакт	Изгиб		
	σ_{HPmax}	σ_{FPmax}		
БрО10Ф1 ГОСТ 613-79	800	120		Литье в кокиль
БрО5Ц5С5 ГОСТ 613-79	320	64		Литье в песчаную форму
БрО5Ц5С5 ГОСТ 613-79	360	72		Литье в кокиль
БрО6Ц6С3 ГОСТ 613-79	320	64		Литье в песчаную форму
БрО6Ц6С3 ГОСТ 613-79	360	72		Литье в кокиль
БрОФ10-1 _	560	112		Литье в песчаную форму
БрОФ10-1 _	800	120		Литье в кокиль
БрОФ6,5-0,15 ГОСТ 5017-2006	560	112		Литье в песчаную форму
БрОФ6,5-0,15 ГОСТ 5017-2006	600	120		Литье в кокиль
БрОФ7-0,2 ГОСТ 5017-2006	560	112		Литье в песчаную форму
БрОФ7-0,2 ГОСТ 5017-2006	600	120		Литье в кокиль
Бронзы разные и латуни				
БрАЖ9-4 ГОСТ 18175-78	390	156		Литье в песчаную форму
БрАЖ9-4 ГОСТ 18175-78	460	184		Литье в кокиль
БрАЖ9-4 ГОСТ 18175-78	490	196		Литье центробежное
БрАЖМц10-3-1,5 ГОСТ 18175-78	600	240		Литье в песчаную форму
БрАЖМц10-3-1,5 ГОСТ 18175-78	720	288		Литье в кокиль
БрАЖН10-4-4 ГОСТ 18175-78	860	344		Литье в кокиль
БрАЖН10-4-4 ГОСТ 18175-78	920	368		Литье центробежное
ЛЦ23А6Ж3Мц2 ГОСТ 17711-93	520	208		Литье в песчаную форму
ЛЦ23А6Ж3Мц2 ГОСТ 17711-93	590	236		Литье в кокиль

Червячные колеса изготавливают из материалов, обладающих хорошими противозадирными и антифрикционными свойствами. Все применяемые материалы можно разбить на три группы в зависимости от склонности их к заеданию.

Группа I. Бронзы с пределом прочности на растяжение более 300 МПа. К ним относятся:

а) высокооловянистые бронзы (6..10% Sn) марок **Бр.ОФ10-1** и **Бр.ОФН-10**. Эти бронзы отличаются хорошими противозадирными свойствами, но вследствие дефицитности и высокой стоимости олова их следует применять в ответственных высокоскоростных передачах при скоростях скольжения от 6 до 25 м/с;

б) бронза марок **Бр.ОЦС 6-3-3**, **Бр.ОЦС 5-5-5** с содержанием олова 3..6%, а также сурьмяноникелевая **Бр.СуН7-2** (3..6% Sb). При высоких скоростях скольжения противозадирные свойства у этих бронз хуже, чем у высокооловянистых, поэтому их рекомендуется применять при скорости скольжения < 12 м/с. При больших нагрузках (мощностях) указанные марки бронз применяются посредством отливки их в металлической форме (кокиль) или центробежным способом.

Группа II. Безоловянистые бронзы и латуни с пределом прочности на растяжение более 350 МПа, т.е. бронзы марок **Бр.АЖ9-4**, **Бр.АЖ10-4-4**, **Бр.АЖМц10-3-1,5** и т.д. Эти бронзы имеют хорошие механические характеристики, значительно дешевле оловянистых, но обладают худшими антифрикционными свойствами и поэтому применяются при скоростях скольжения до 8 м/с. При этом во избежание заедания червяк должен тщательно шлифоваться или полироваться и иметь высокую твердость рабочих поверхностей (HRC > 45).

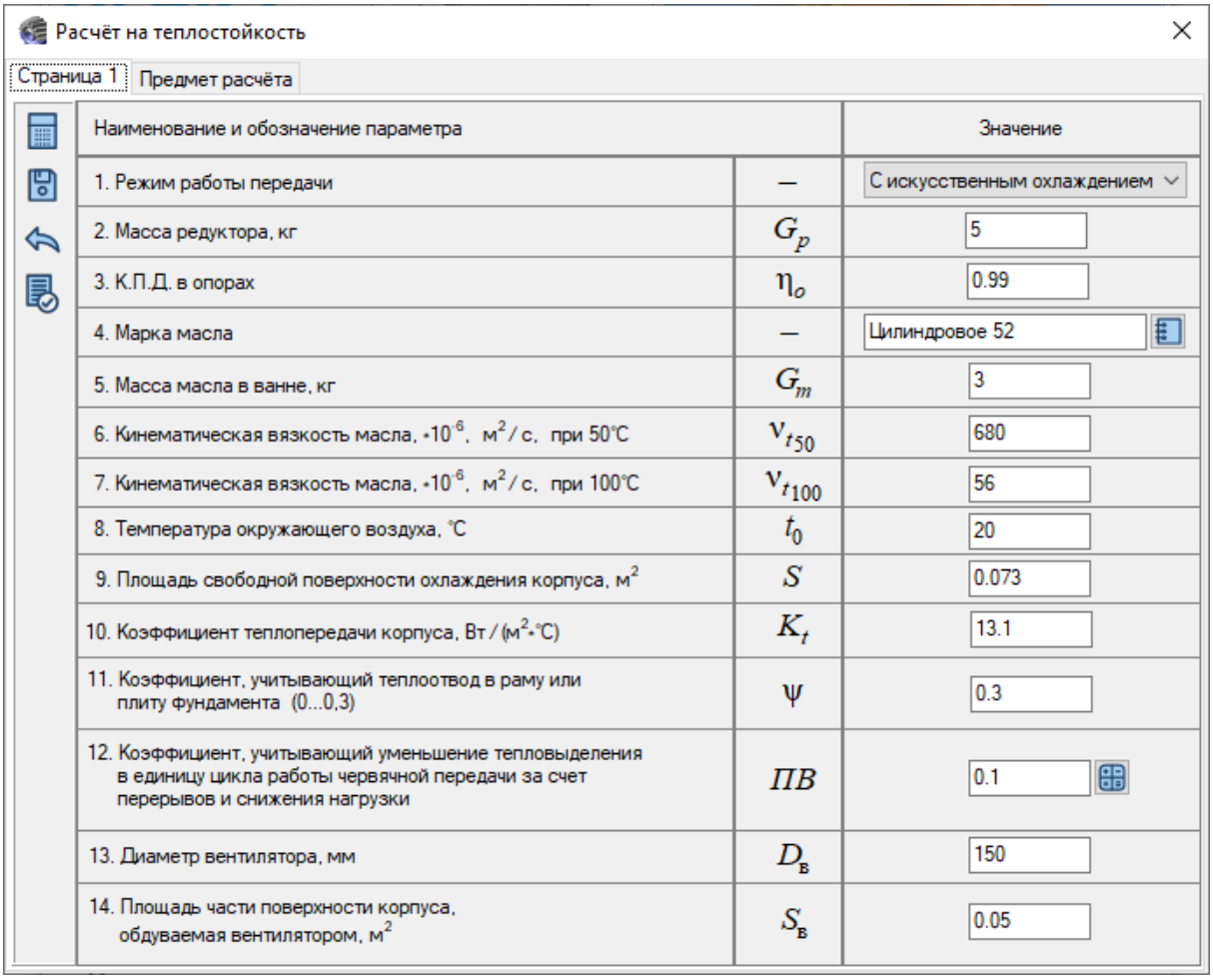
Группа III. Относительно мягкие серые чугуны марок **СЧ 12-28**, **СЧ 15-32** и **СЧ 18-36**. Применение этих материалов допускается только для тихоходных малонагруженных передач при скорости скольжения до 2 м/с.

Расчет на теплостойкость

Целью выполнения расчета червячной цилиндрической передачи на теплостойкость является определение рабочей температуры масла и времени допустимой непрерывной работы передачи. Расчет выполняется согласно рекомендациям, приведенным в справочнике «Расчет и проектирование деталей машин» (К.П.Жуков, А.К.Кузнецова, С.И.Масленникова и др.).

Поля ввода исходных данных располагаются на одной странице. Данные на странице ***Предмет расчета*** (описательная информация о расчете) постоянны для всех расчетов передачи (геометрия, прочность, долговечность).

Введите исходные данные.



Особенности ввода некоторых данных:

- **режим работы передачи**;
  - **без искусственного охлаждения** в непрерывном или повторно-кратковременном режиме;
  - **с искусственным охлаждением (вентилятор)** в непрерывном или повторно-кратковременном режиме.

Во втором случае дополнительно будут запрошены параметры ***Диаметр вентилятора*** и ***Площадь части поверхности корпуса, обдуваемой вентилятором***.

- **К.П.Д. в опорах**;

  Имеет значение 0,96…0,99.
  Меньшее значение принимается для передачи на подшипниках скольжения, большее - на подшипниках качения.

- **марка масла**;

  Может быть выбрана из базы данных, окно которой открывается после нажатия кнопки  . При этом значения кинематической вязкости при 50°С и 100°С будут подставлены в соответствующие поля ввода автоматически.

- **площадь свободной поверхности охлаждения корпуса**;

  При первоначальном вводе данных значение параметра определяется по формуле:

  $$S = 25 \cdot Aw^2,$$

  где **Aw** - межосевое расстояние.

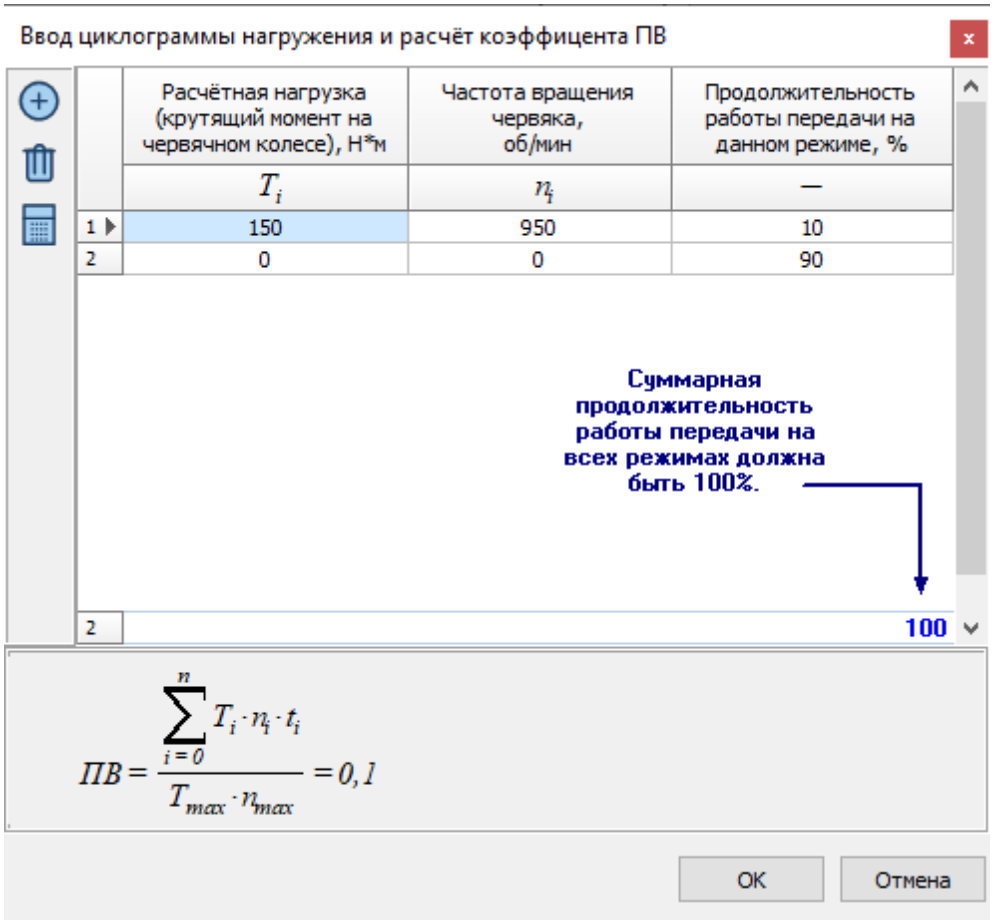
  При расчете теплостойкости существующей передачи или передачи, по которой выполнены рабочие чертежи, значение параметра необходимо уточнить реальными замерами с учетом поверхности ребер охлаждения, если они существуют.

- **коэффициент теплопередачи корпуса**;

  При естественном охлаждении в зависимости от циркуляции воздуха в помещении и циркуляции масла в масляной ванне = *(8,7..17,5) Вт/(мс^2)*. Большие значения следует принимать при хорошей циркуляции воздуха, незагрязненной поверхности корпуса, отсутствии внутри него ребер, препятствующих подвижности масла, интенсивной циркуляции и малой вязкости масла.

- **коэффициент, учитывающий уменьшение тепловыделения в единицу цикла работы червячной передачи за счет перерыва и снижения нагрузки (ПВ)**;

  Если предполагается, что рассчитываемая передача будет работать при одинаковой нагрузке, то коэффициент ***ПВ*** = 1. Если для передачи предусмотрено несколько нагрузочных режимов, коэффициент ***ПВ*** необходимо рассчитать.
  Для расчета коэффициента нажмите кнопку  , расположенную справа от поля ввода коэффициента ***ПВ***. Откроется окно ***Ввод режимов работы и расчет коэффициента ПВ***.



Создайте список режимов нагружения: введите расчетную нагрузку, частоту вращения червяка и продолжительность работы передачи на каждом режиме. Для управления режимами нагружения используйте кнопки панели инструментов.
Чтобы рассчитать коэффициент ***ПВ*** при заданном сочетании режимов нагружения, нажмите кнопку , расположенную на панели инструментов.
Коэффициент ***ПВ*** рассчитывается по формуле, приведенной в нижней части окна.

- **диаметр вентилятора**;

При первоначальном вводе данных диаметр вентилятора, устанавливаемого на валу червяка для охлаждения корпуса, принимает значение, определяемое по формуле:

Dv = 0,7 • D2,

где **D2** - делительный диаметр червячного колеса.

Обычно значение диаметра вентилятора устанавливается в пределах (0,6..0,8) • D2.

- **площадь поверхности корпуса передачи, обдуваемой вентилятором**.

При первоначальном вводе данных площадь поверхности корпуса передачи, обдуваемой вентилятором, принимает значение, определяемое по формуле:

S = 7,5 • Aw^2,

где **Aw** - межосевое расстояние.

При расчете теплостойкости существующей передачи или передачи, по которой выполнены рабочие чертежи, значение необходимо уточнить реальными замерами с учетом поверхности ребер охлаждения, если они существуют.

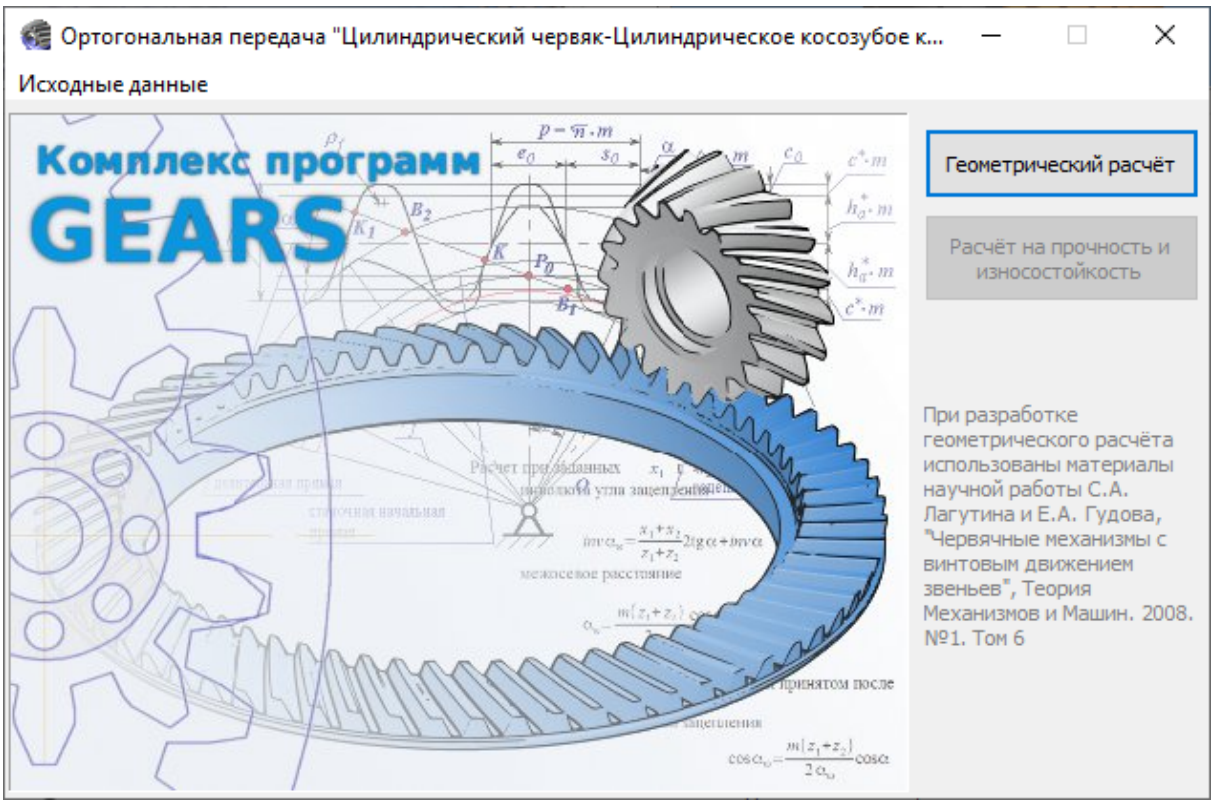
Для управления расчетом и данными используйте кнопки инструментальной панели.

Ортогональная червячная передача

Средствами модуля *КОМПАС-GEARS* для ортогональной передачи, состоящей из цилиндрического червяка и цилиндрического косозубого колеса, могут быть выполнены:

- геометрический расчет 214;
- расчет на прочность и износостойкость 224.

В основу расчетов положена методика 214, изложенная в статье Л.А. Лагутина и Е.А. Гудова «Червячные механизмы с винтовым движением звеньев».



Если предстоит рассчитать модель элемента механических передач уже созданную в системе *Валы и механические передачи 2D*, геометрические параметры этого элемента будут автоматически переданы в *Модуль расчетов механических передач*.

Линейные размеры задаются в миллиметрах, а угловые - в градусах, минутах, секундах.

Исходные данные для расчета могут быть сохранены в файле формата **.worm_gea_dat* с помощью команд строки меню ***Исходные данные*** 365 или непосредственно при выполнении расчетов. Впоследствии сохраненные данные можно будет загружать для расчета в модуль *КОМПАС-GEARS*.

Внимание! Расчеты могут быть произведены, если на компьютере установлен Дополнительный комплект 9 системы *Валы и механические передачи 2D*.

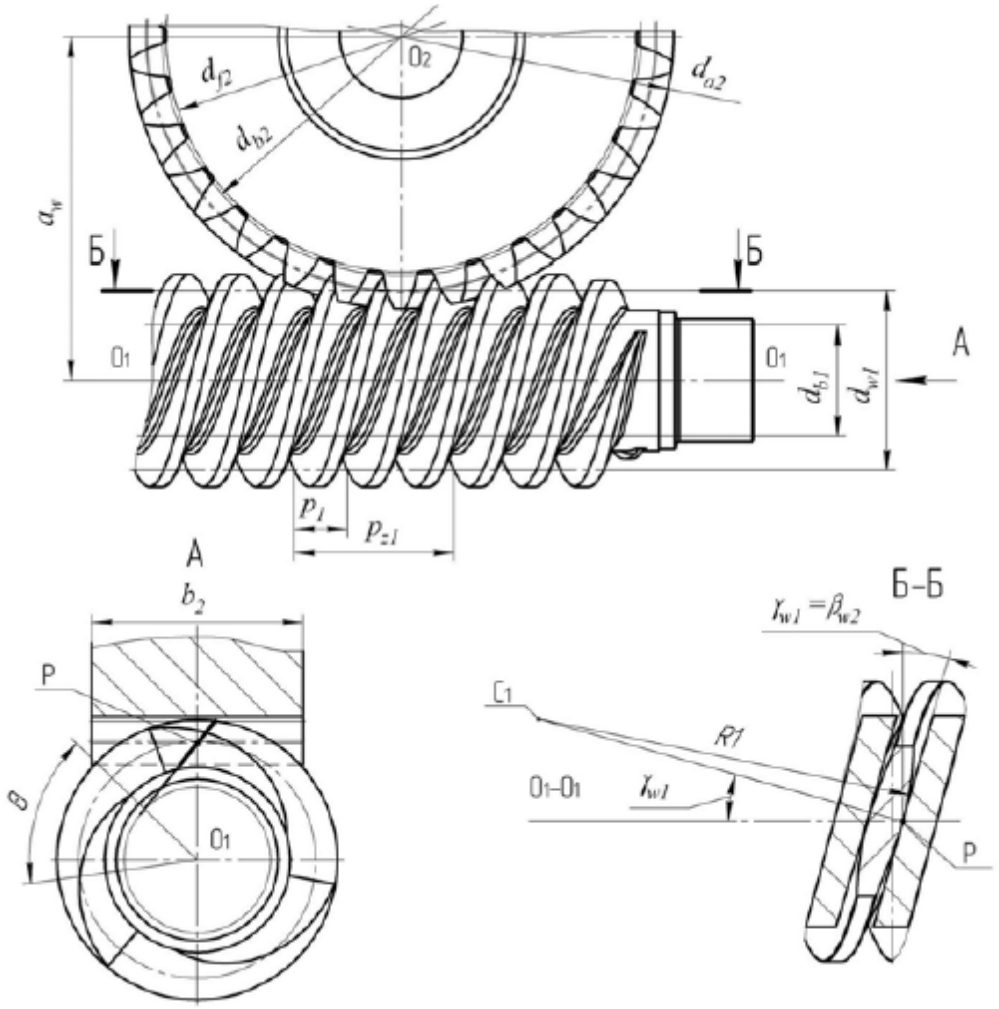
Геометрический расчет

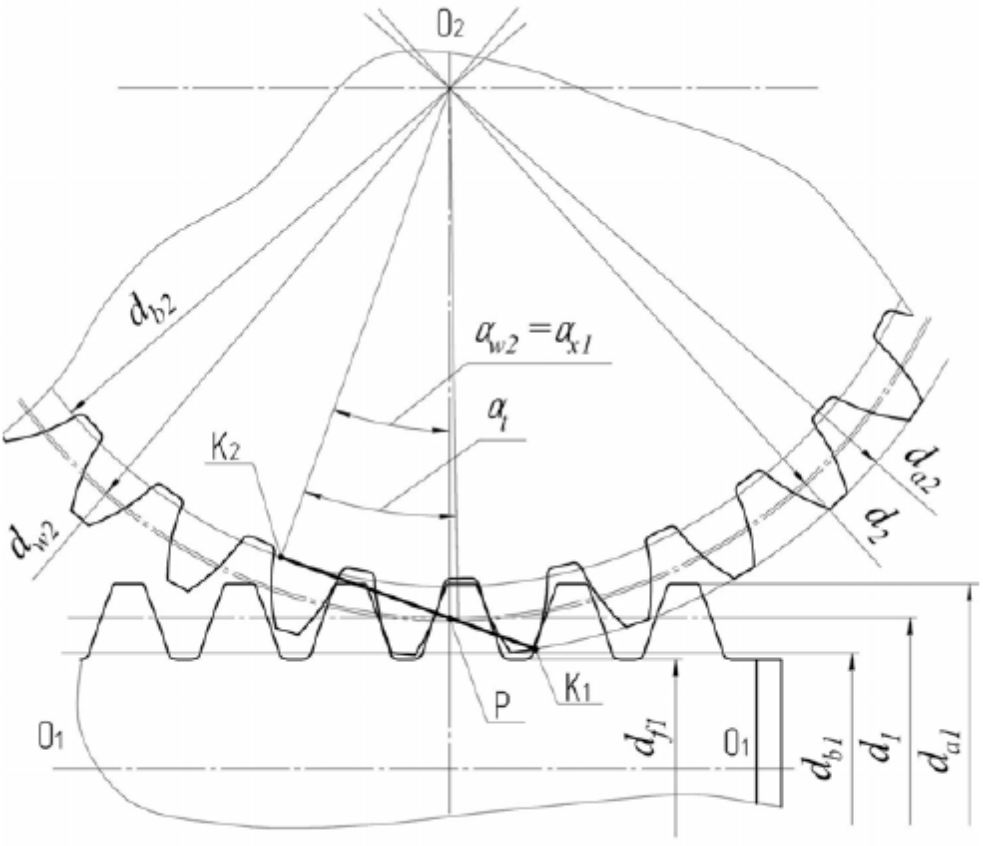
Методика расчета 214;
Варианты расчета 216;
Описание расчета 216.

Методика расчета

В основу расчета ортогональной передачи «Цилиндрический червяк – цилиндрическое косозубое колесо» положена методика, изложенная в статье Л.А. Лагутина и Е.А. Гудова «Червячные механизмы с винтовым движением звеньев».
Метод синтеза ортогональной передачи основан на теореме Л.В. Коростелева. Согласно этой теореме, если активные поверхности зубьев колес образованы инструментом с эвольвентными производящими поверхностями одно- или двухпараметрическим огибанием при постоянном отношении угловых скоростей заготовки и инструмента, то эти поверхности будут гарантировано сопряженными, то есть в такой передаче будет сохраняться постоянное передаточное отношение при любых погрешностях в расположении осей колес.

Методика расчета также построена на том дополнительном условии, что расчетная точка контакта размещается в средней плоскости колеса на его начальном цилиндре, т.е. в полюсе P_α зацепления). В этой точке должно обеспечиваться равенство осевого угла β *xw1* профиля витка червяка и торцового угла *tw2* профиля зуба колеса, а также угол *w1* подъема витка и угол *w2* наклона зуба.


d_{f2}
d_{b2}
O_2
d_{a2}
a_w
Б
Б
O_1
O_1
d_{b1}
d_{w1}
A
p_1
p_{z1}
A
b_2
P
B
O_1
Б-Б
$\gamma_{w1} = \beta_{w2}$
C_1
R_1
O_1–O_1
γ_{w1}
P



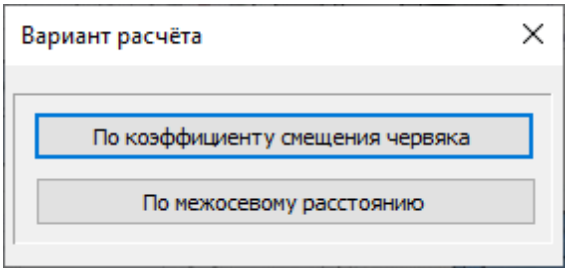
При расчете следует обратить внимание, что расчетный угол профиля червяка не будет равен углу профиля исходного контура зубчатого колеса.

Варианты расчета

Выберите необходимый вариант задания исходных данных:

Задан коэффициент смещения червяка.

Задано межосевое расстояние передачи.



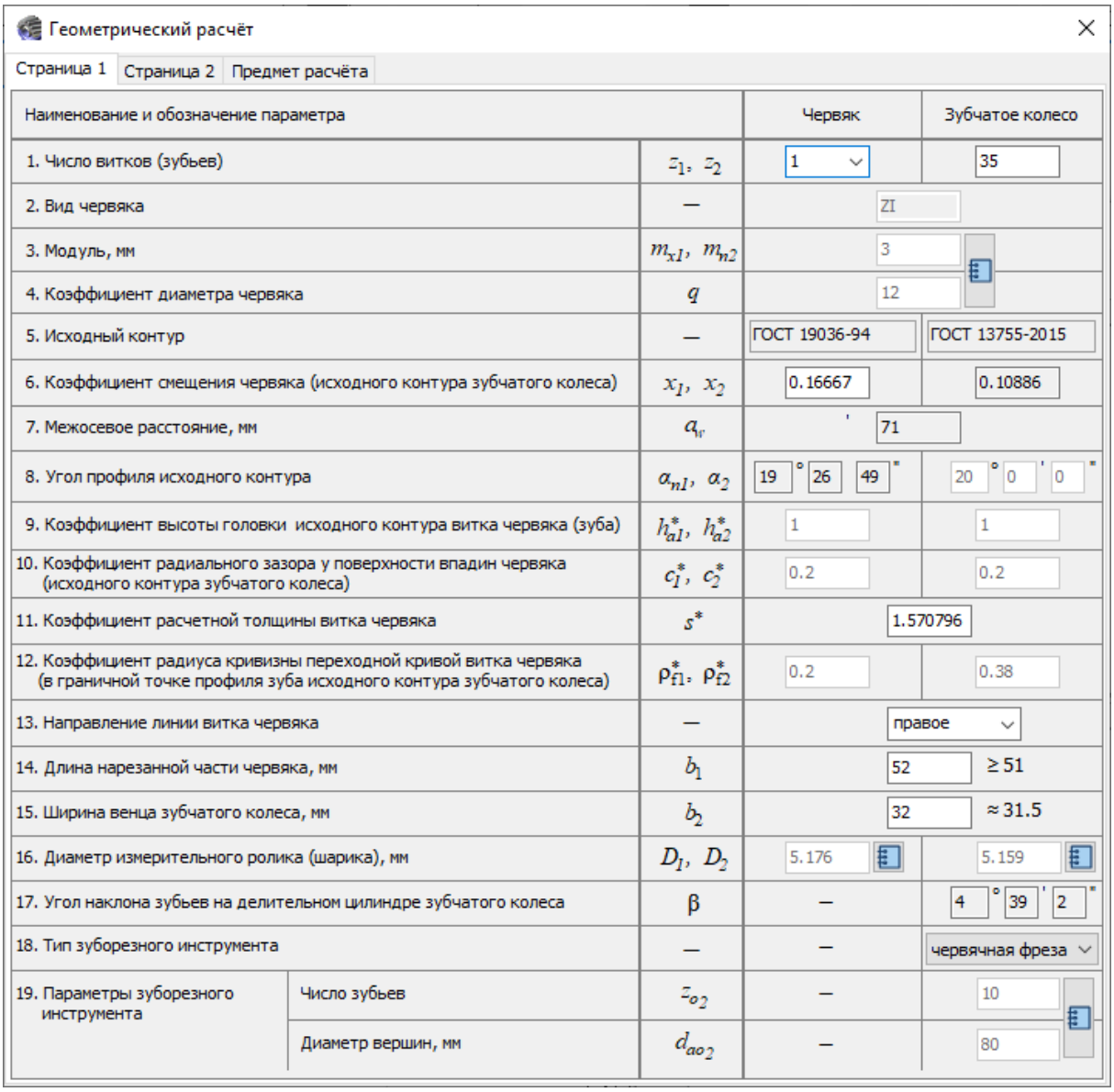
Описание расчета

Цели выполнения геометрического расчета ортогональной передачи «Цилиндрический червяк – цилиндрическое косозубое колесо»:

- определение основных параметров элементов передачи;
- определение размеров для контроля;
- проверка качества зацепления по геометрическим показателям.

Поля ввода исходных данных располагаются на двух страницах. Перейти на вторую страницу и выполнить расчет можно только после ввода всех данных на первой странице. Данные на странице ***Предмет расчета*** (описательная информация о расчете) постоянны для всех расчетов передачи (геометрия, прочность, долговечность).

Введите данные на ***Странице 1***.



Особенности ввода некоторых данных на первой странице:

- **число витков червяка**;

  Как правило, используются значения - 1, 2, 4.

- **модуль и коэффициент диаметра червяка**;

  Значения модуля и коэффициентов диаметра червяка стандартизованы. Чтобы выбрать значения, нажмите кнопку  , расположенную справа от полей ***Модуль*** и ***Коэффициент диаметра червяка***, и выполните необходимые действия в открывшемся окне ***Выбор модуля и исходного контура***223. Значение параметров появится в соответствующих полях ввода.

- **параметры стандартного исходного контура**;

  Поля, соответствующие параметрам исходного контура,

  - ***Угол профиля червяка (Угол профиля зуба исходного контура зубчатого колеса)***,

    обратите внимание, что расчетный угол профиля червяка не будет равен углу профиля исходного контура зубчатого колеса;
  - ***Коэффициента высоты головки витка червяка (Коэффициента высоты головки зуба исходного контура зубчатого колеса)***,
  - ***Коэффициента радиального зазора у поверхности впадин червяка (Коэффициента радиального зазора исходного контура зубчатого колеса)***,
  - ***Коэффициент расчетной толщины витка червяка***,
  - ***Коэффициента радиуса кривизны переходной кривой витка червяка (Коэффициента радиуса кривизны переходной кривой в граничной точке профиля зуба исходного контура зубчатого колеса)***

  будут заполнены автоматически. Некоторые значения доступны для редактирования. Если навести курсор на поле ввода редактируемого значения, появится подсказка, в которой указан диапазон его возможных значений.

- **диаметр измерительного ролика (шарика)**;

  Для контроля толщины зуба у прямозубых колес используются ролики, а у косозубых - шарики (т.к. контакт ролика с противоположными сторонами впадины происходит не по параллельным линиям и ролик будет качаться).
  По умолчанию в полях ввода отображается рекомендованное значение диаметра. Чтобы выбрать другой диаметр, нажмите кнопку  ***Подбор диаметра***, расположенную справа от полей ***Диаметр измерительного ролика (шарика)***. Порядок работы при этом будет таким же, как и при выборе диаметра378 измерительного ролика (шарика) для цилиндрической шестерни внешнего зацепления.
  Чтобы вернуться к рекомендованному значению, нажмите клавишу ***<F10>***.

- **тип зуборезного инструмента**;

  Для зубчатого колеса потребуется выбрать тип зуборезного инструмента. Выбор осуществляется из раскрывающегося списка возможных значений.
  Для вариантов ***червячная фреза*** и ***дисковая фреза*** необходимо будет выбрать параметры зуборезного инструмента.

- **параметры зуборезного инструмента**.

  Выбор параметров зуборезного инструмента (червячной фрезы372, дисковой фрезы375) осуществляется в специальных диалогах, которые открываются после нажатия кнопки  ***Выбор (тип инструмента)***.

Введите данные на ***Странице 2***:

- степень точности элементов передачи:

зубчатого колеса – назначается так же, как для зубчатых цилиндрических передач;

крупномодульные передачи

При назначении степени точности крупномодульных передач необходимо руководствоваться следующими положениями.

1. Согласно ГОСТ 1643-81 «Основные нормы взаимозаменяемости. Передачи зубчатые цилиндрические. Допуски» для цилиндрических зубчатых передач внешнего и внутреннего зацепления с прямозубыми, косозубыми и шевронными зубчатыми колесами устанавливаются двенадцать степеней точности зубчатых колес и передач, обозначаемых в порядке убывания точности цифрами **1**, **2**, **3**, **4**, **5**, **6**, **7**, **8**, **9**, **10**, **11**, **12**.
2. Для каждой степени точности устанавливаются нормы кинематической точности, плавности работы и контакта зубчатых колес в передаче.
3. Допускается комбинирование различных степеней точности и норм кинематической точности, плавности работы и контакта зубчатых колес.

   При комбинировании необходимо соблюдать следующие условия:
   - нормы плавности работы могут быть точнее (не более чем на две степени точности) или грубее (не более чем на одну степень точности) норм кинематической точности;
   - нормы контакта зубчатых колес могут назначаться по любым более точным степеням, а также на одну степень грубее, чем нормы плавности работы зубчатых колес и передач.
4. Устанавливаются шесть видов сопряжений зубчатых колес – **A**, **B**, **C**, **D**, **E**, **H** и восемь видов допуска на боковой зазор – **x**, **y**, **z**, **a**, **b**, **c**, **d**, **h**. Значения приведены в порядке убывания величины бокового зазора и допуска на него.

   Виды сопряжений зубчатых колес в передаче в зависимости от степени точности по нормам плавности работы приведены в таблице.

Вид сопряжений	A	B	C	D	E	H
Степень точности по нормам плавности работы	3 – 12	3 – 11	3 – 9	3 – 8	3 – 7	3 – 7

5. Видам сопряжений **A**, **B**, **C**, **D** соответствуют виды допуска на боковой зазор **a**, **b**, **c**, **d** соответственно, а видам сопряжений **H** и **E** – вид допуска на боковой зазор **h**.

   Соответствие между видом сопряжений зубчатых колес в передаче и видом допуска на боковой зазор можно изменять; также могут быть использованы виды допусков **x**, **y**, **z**.
6. Точность изготовления зубчатых колес и передач задается степенью точности, а требования к боковому зазору – видом сопряжения по нормам бокового зазора.

Примеры условного обозначения точности цилиндрической передачи:

7 – C

Такая запись означает, что зубчатая передача имеет степень точности **7** по всем трем нормам (кинематическая точность, норма плавности работы и норма контакта), вид сопряжения - **C** и вид допуска на боковой зазор - **c**.

8 – 7 – 6 – Ba

Такая запись означает, что зубчатая передача по норме кинематической точности имеет степень точности **8**, по норме плавности работы – **7**, по норме контакта – **6**. Вид сопряжения зубчатых колес — **B**, вид допуска на боковой зазор – **a**.

мелкомодульные передачи

При назначении степени точности мелкомодульных передач необходимо руководствоваться следующими положениями.

1. Согласно ГОСТ 9178-81 «Основные нормы взаимозаменяемости. Передачи зубчатые цилиндрические мелкомодульные» для цилиндрических зубчатых передач внешнего и внутреннего зацепления с прямозубыми и косозубыми зубчатыми колесами с модулем от 0,1 до 1,0 (исключительно) устанавливаются двенадцать степеней точности зубчатых колес и передач, обозначаемых в порядке убывания точности цифрами **1**, **2**, **3**, **4**, **5**, **6**, **7**, **8**, **9**, **10**, **11**, **12**.
2. Для каждой степени точности устанавливаются нормы кинематической точности, плавности работы и контакта зубчатых колес в передаче.
3. Допускается комбинирование различных степеней точности и норм кинематической точности, плавности работы и контакта зубчатых колес.

   При комбинировании необходимо соблюдать следующие условия:
   - нормы плавности работы могут быть на одну степень точности точнее или грубее норм кинематической точности;
   - нормы контакта зубчатых колес могут назначаться по любым более точным степеням, а также на одну степень грубее, чем нормы плавности работы зубчатых колес и передач.
4. Для передач с нерегулируемым или регулируемым расположением осей устанавливается пять видов сопряжений зубчатых колес – **D**, **E**, **F**, **G**, **H** и четыре вида допуска на боковой зазор – **e**, **f**, **g**, **h**. Значения приведены в порядке убывания величины бокового зазора и допуска на него.

   Виды сопряжений зубчатых колес в передаче в зависимости от степени точности по нормам плавности работы приведены в таблице.

Вид сопряжений	**D**		**E**		**F**	**G**	**H**
Модуль m, мм	от 0,1 до 0,5	св. 0,5 до <1,0	от 0,1 до 0,5	св. 0,5 до 1,0	от 0,5 до <1,0		
Степень точности по нормам плавности работы	3 – 10	3 – 12	3 – 10	3 – 12	3 – 10	3 – 8	3 – 7

Примечание. Для зубчатых колес с модулем m <= 0,3 мм, подлежащих изготовлению полнопрофильным инструментом, и зубчатых колес с модулем m < 0,2 мм, подлежащих изготовлению инструментом c_{ε} открытым профилем, должна производиться проверка коэффициента перекрытия .

5. Видам сопряжений **D** и **E** соответствует вид допуска на боковой зазор **e**, а видам сопряжения **F**, **G**, **H –** виды допусков **f**, **g**, **h** соответственно.

Соответствие между видом сопряжений зубчатых колес в передаче и видом допуска на боковой зазор можно изменять; также могут быть использованы виды допусков **x**, **y**, **z**.

Соответствие между видом сопряжений зубчатых колес в передаче и видом допуска на боковой зазор можно изменять.

6. Точность изготовления зубчатых колес и передач задается степенью точности, а требования к боковому зазору – видом сопряжения по нормам бокового зазора.

Примеры условного обозначения точности цилиндрической передачи:

7 – G

Такая запись означает, что зубчатая передача имеет степень точности **7** по всем трем нормам (кинематическая точность, норма плавности работы и норма контакта), вид сопряжения - **G** и вид допуска на боковой зазор - **g**.

7 – 8 – 8 – Gf

Такая запись означает, что зубчатая передача по норме кинематической точности имеет степень точности **7**, по норме плавности работы – **8**, по норме контакта – **8**. Вид сопряжения зубчатых колес — **G**, вид допуска на боковой зазор – **f**.

- **червяка –** назначается также, как для червячных цилиндрических передач;

- **крупномодульные передачи**

При назначении степени точности элементов червячных цилиндрических передач необходимо руководствоваться следующими положениями.

1. Согласно ГОСТ 3675-81 «Основные нормы взаимозаменяемости. Передачи червячные цилиндрические. Допуски» для цилиндрических передач и червячных пар (без корпуса), выполняемых в соответствии с ГОСТ 19036-81*, с архимедовыми червяками ZA, эвольвентными червяками ZI, конволютными червяками ZN всех типов и с червяками типов ZK, образованными конусом, с межосевым углом, равным 90°, с модулем от 1 до 25 мм, с делительным диаметром червяка до 450 мм и делительным диаметром червячного колеса до 6300 мм, двенадцать степеней точности червяков, червячных колес, червячных пар и червячных передач, обозначаемых в порядке убывания точности цифрами **1**, **2**, **3**, **4**, **5**, **6**, **7**, **8**, **9**, **10**, **11**, **12**.

2. Для червяков, червячных колес, червячных пар и червячных передач каждой степени точности устанавливаются нормы кинематической точности, нормы плавности работы и нормы контакта зубьев и витков.

   Степень точности передачи или пары определяется по элементу (червяку, червячному колесу или корпусу) с наиболее низкими показателями.

   Для нерабочих боковых поверхностей (сторон) зубьев червячного колеса и витков червяка, используемых в течение ограниченного времени при пониженных нагрузках, допускается снижение точности, но не более чем на две степени.

3. Допускается комбинирование норм кинематической точности, норм плавности работы и норм контакта зубьев и витков разных степеней точности.

   При комбинировании норм разных степеней точности нормы плавности работы червяков, червячных колес, червячных пар и червячных передач могут быть не более чем на две степени точнее или на одну степень грубее норм кинематической точности; нормы контакта зубьев червячного колеса и витков червяка не могут быть грубее норм плавности работы червячных передач.

4. Устанавливаются шесть видов сопряжений зубчатых колес в передаче, обозначаемых в порядке убывания гарантированного бокового зазора буквами **A**, **B**, **C**, **D**, **E**, **H** и восемь видов допуска $\mathbf{T_{jn}}$– **x**, **y**, **z**, **a**, **b**, **c**, **d**, **h**. Обозначения приведены в порядке убывания величины бокового зазора и допуска на него.

   Рекомендуемое соответствие между видами сопряжения червяка с червячным колесом в передаче и степенью точности по нормам плавности работы указано в таблице.

Вид сопряжений	A	B	C	D	E	H
Степень точности передач	5 – 12	5 – 11	3 – 9	3 – 8	2 – 6	2 – 6

мелкомодульные передачи

При назначении степени точности элементов червячных цилиндрических передач необходимо руководствоваться следующими положениями.

1. Согласно ГОСТ 9774-81 «Основные нормы взаимозаменяемости. Передачи червячные цилиндрические мелкомодульные. Допуски» для мелкомодульных цилиндрических червячных передач и пар (поставляемых несобранными в передачу) с архимедовыми червяками ZA, эвольвентными червяками Z1, червяками с прямолинейным профилем витка ZN1, червяками с прямолинейным профилем впадины ZN2, червяками, образованными конусом ZK1 и ZK2, с исходным червяком по ГОСТ 20184-81, межосевым углом, равным 90°, модулем от 0,1 до 1,0 мм (исключительно), делительным диаметром червяка до 30 мм, любым числом витков и делительным диаметром червячного колеса до 400 мм (при модуле, равном или менее 0,5 мм - до 200 мм) устанавливаются двенадцать степеней точности червячных передач, червячных пар, червяков и червячных колес, обозначаемых в порядке убывания точности цифрами **1**, **2**, **3**, **4**, **5**, **6**, **7**, **8**, **9**, **10**, **11**, **12**.
2. Для каждой степени точности червячных передач, червячных пар, червяков и червячных колес устанавливаются нормы: кинематической точности, плавности работы и контакта зубьев и витков.

   Степень точности передачи или пары определяется по точности червяка, червячного колеса или монтажных размеров червячной передачи с наиболее низкими показателями.

   Для нерабочих боковых поверхностей (сторон) зубьев червячного колеса и витков червяка, используемых в течение ограниченного времени при пониженных нагрузках, допускается снижение точности, но не более, чем на две степени.
3. Допускается комбинирование норм кинематической точности, норм плавности работы и норм контакта зубьев и витков для червячных передач, червячных пар, червяков и червячных колес разных степеней точности.

   При комбинировании норм разных степеней точности нормы плавности работы червячных передач, червячных пар, червяков и червячных колес могут быть не более, чем на одну степень точнее или грубее норм кинематической точности; нормы контакта зубьев и витков могут назначаться по любым степеням более точным и не более чем на одну степень точности грубее норм плавности работы червячных передач.

4. Для передач с нерегулируемым и регулируемым расположением осей устанавливаются пять видов сопряжений червяка с червячным колесом в передаче **D**, **E**, **F**, **G**, **H** и четыре вида допуска $\mathbf{T_{jn}}$– **e**, **f**, **g**, **h**. Обозначения приведены в порядке убывания величины бокового зазора и допуска на него.

   Виды сопряжения червяка с червячным колесом в передаче в зависимости от степени точности по нормам плавности работы указаны в таблице.

Вид сопряжений	**D, E**		**F**	**G**	**H**
Модуль m, мм	от 0,1 до 0,5	св. 0,5 до <1,0	от 0,1 до <1,0		
Степень точности по нормам плавности	3 – 10	3 – 12	3 – 10	3 – 8	3 – 7

   чтобы для зубчатого колеса назначить степень точности, отличную от червяка, включите опцию, расположенную слева от поля ввода степени точности зубчатого колеса.

- диаметр вершин зубьев со срезом (при необходимости).

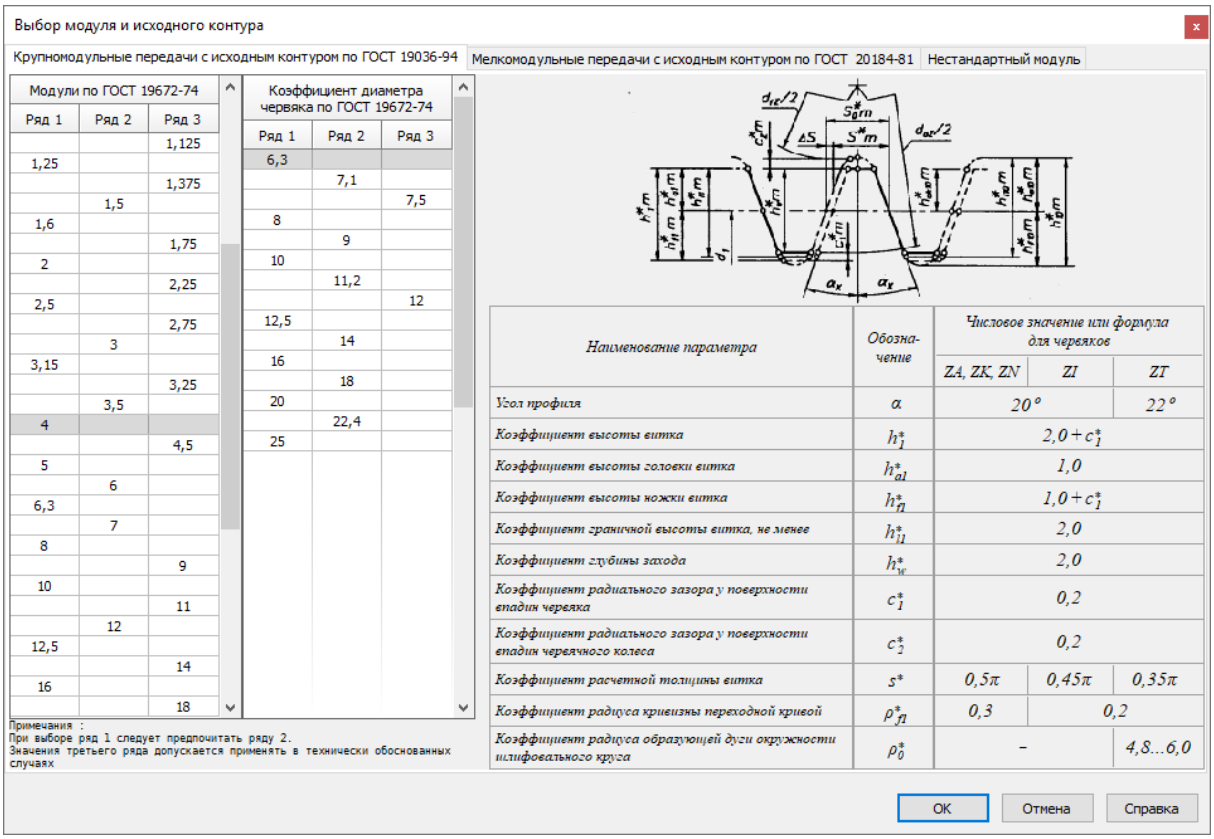
Для управления расчетом и данными используйте кнопки инструментальной панели.

Во время выполнения расчета происходит диагностика рассчитываемой передачи по различным критериям и показателям. Результаты диагностики отображаются в области ***Ход расчета***. Если диагностируемые параметры удовлетворительны, результаты диагностики выделены зеленым цветом. Если неудовлетворительны – красным.
Чтобы получить информационное сообщение с рекомендациями по исправлению ошибок, наведите курсор мыши на неудовлетворительный результат диагностики.
Основной вывод по итогам диагностики передачи приведен в нижней части окна.

Смотрите также раздел Варианты расчета 216.

Выбор модуля и коэффициента диаметра червяка

Выбор модуля и коэффициента диаметра червяка осуществляется в диалоге, который открывается после нажатия кнопки  , находящейся в окне ***Геометрический расчет*** справа от полей ***Модуль*** и ***Коэффициент диаметра червяка***.



В окне диалога содержится несколько вкладок, каждая из которых соответствует определенному стандарту:

- мелкомодульные передачи с исходным контуром по ГОСТ 20184-81;
- крупномодульные передачи с исходным контуром по ГОСТ 19036-94;
- нестандартный модуль.

1. Чтобы выбрать модуль и коэффициент диаметра червяка, раскройте вкладку с нужным стандартом. В левой части окна будет показан список возможных значений модуля и коэффициента диаметра червяка. В правой части приведены:
   - изображение исходного контура со всеми параметрами;
   - справочная информация об исходном контуре.
2. Щелчком мыши последовательно выберите нужные значения модуля и коэффициента диаметра червяка.

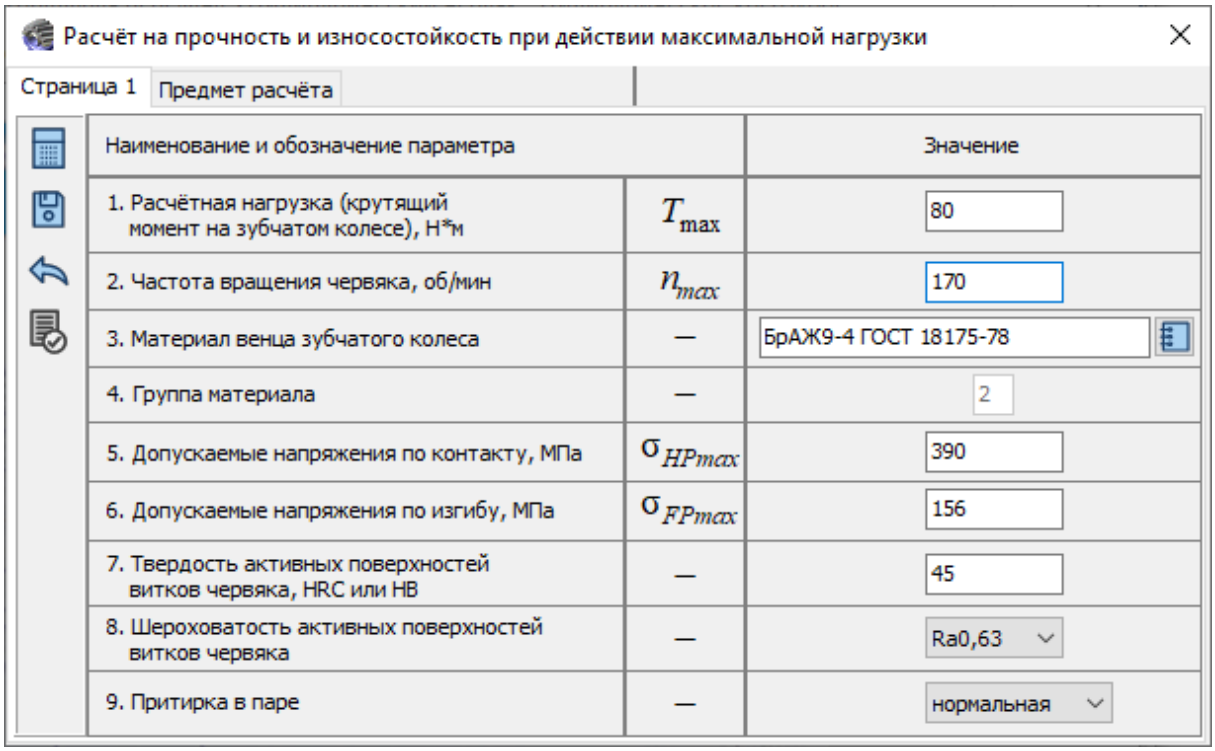
   Если вы раскрыли вкладку ***Нестандартный модуль***, вам потребуется ввести в соответствующие поля ввода значения модуля и коэффициента диаметра червяка, а также выбрать стандарт на исходный контур в списке возможных значений ***Исходный контур***.
3. Нажмите кнопку ***ОК***. Значения модуля и коэффициента диаметра червяка появятся в окне ***Геометрический расчет***.

Расчет на прочность и износостойкость

Цель выполнения расчета на прочность и износостойкость – определение коэффициентов запаса по контактным напряжениям, напряжениям изгиба и износостойкости.

Поля ввода исходных данных располагаются на одной странице. Данные на странице ***Предмет расчета*** (описательная информация о расчете) постоянны для всех расчетов передачи.

Введите исходные данные на ***Странице 1***.



Особенности ввода некоторых данных:

- **расчетная нагрузка**;

  Задается на червячном колесе.

- **материал венца червячного колеса**.

  Материал венца червячного колеса можно ввести вручную или выбрать из базы данных 208.

  Чтобы раскрыть базу, нажмите кнопку . В этом случае группа материала, допускаемые напряжения, твердость поверхностей будут подставлены в соответствующие поля ввода автоматически.

Для управления расчетом и данными используйте кнопки инструментальной панели.

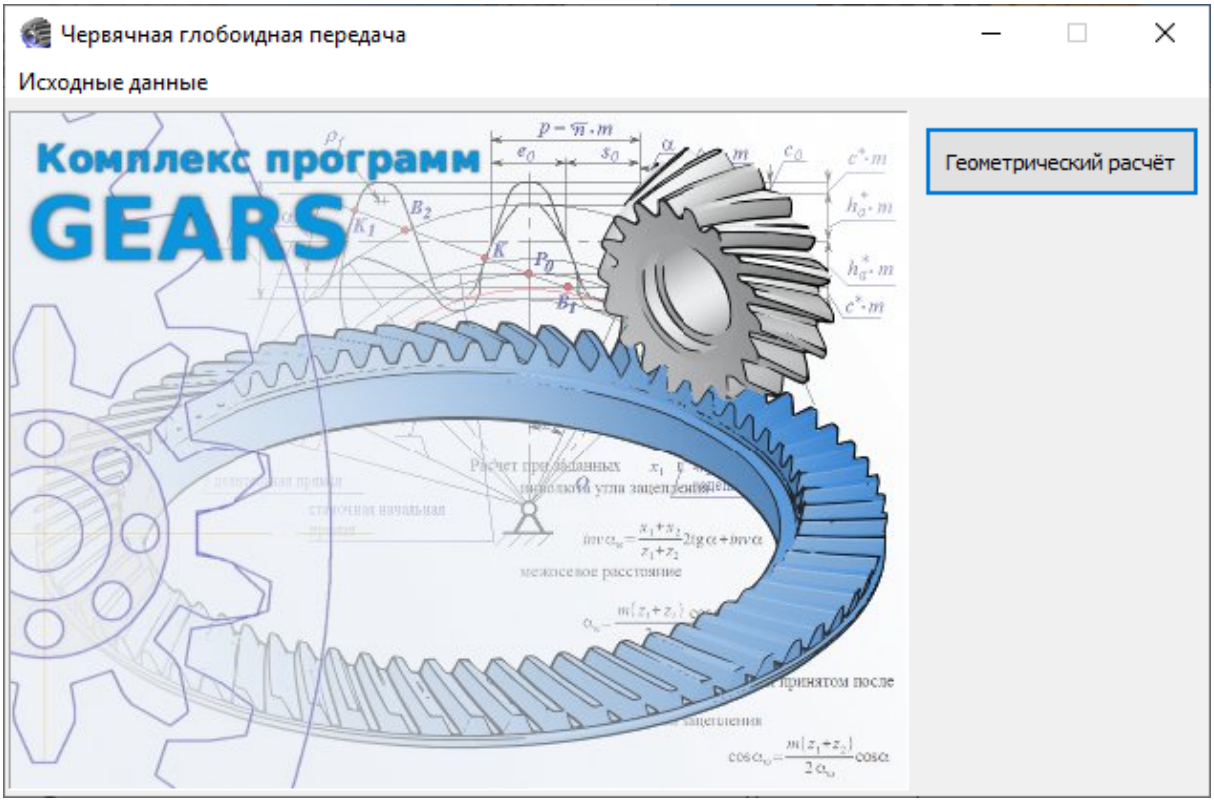
Глобоидная червячная передача

Средствами модуля *КОМПАС-GEARS* может быть выполнен геометрический расчет глобоидной червячной передачи.

В основу расчета положены методики, изложенные в ГОСТ 17696-89 («Передачи глобоидные. Расчет геометрии»), а также и книгах:

- «Теория и практика производства червячных передач общего вида» (Сандлер А.И., Гудов Е.А., Лагутин С.А.);
- «Редукторы, конструкции и расчёты» (Анфимов М.И.);

- «Полиглобоидная передача с вогнутым профилем червяка» (Кривенко И.С.);
- «Глобоидное зацепление с вогнутым профилем червяка» (Крылов Н.Н.).



Если предстоит рассчитать модель элемента механических передач уже созданную в системе *Валы и механические передачи 2D*, геометрические параметры этого элемента будут автоматически переданы в *Модуль расчетов механических передач*.

Линейные размеры задаются в миллиметрах, а угловые - в градусах, минутах, секундах.

Исходные данные для расчета могут быть сохранены в файле формата **.worm_glb_dat* с помощью команд строки меню ***Исходные данные*** 365 или непосредственно при выполнении расчетов. Впоследствии сохраненные данные можно будет загружать для расчета в модуль *КОМПАС-GEARS*.

Внимание! Расчет может быть произведен, если на компьютере установлен Дополнительный комплект 9 **системы *Валы и механические передачи 2D*.**

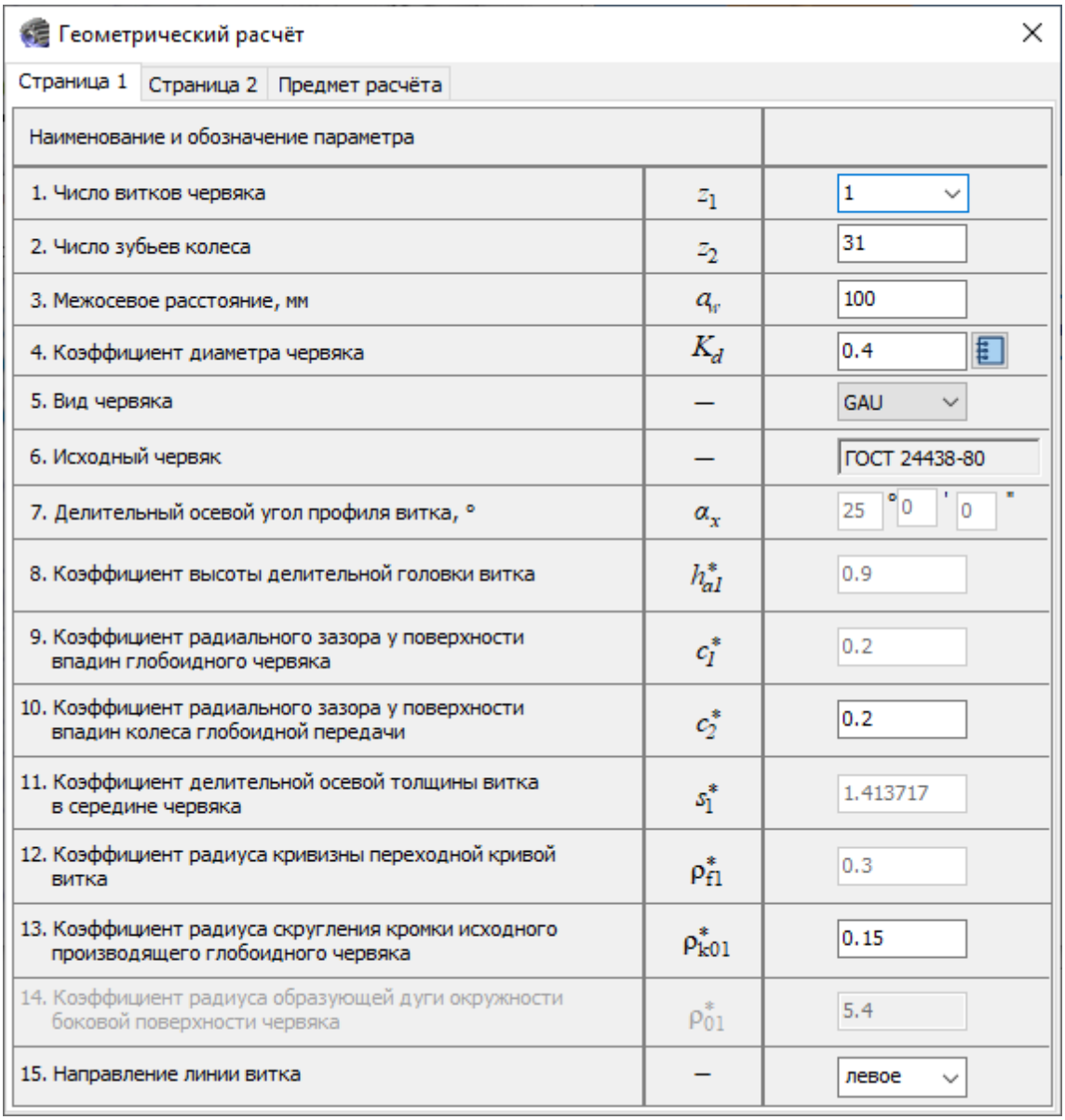
Геометрический расчет

Цели выполнения геометрического расчета:

- определение основных параметров передачи;
- определение размеров для контроля;
- проверка качества зацепления по геометрическим показателям.

Поля ввода исходных данных располагаются на двух страницах. Перейти на вторую страницу и выполнить расчет можно только после ввода всех данных на первой странице. Данные на странице ***Предмет расчета*** (описательная информация о расчете) постоянны для всех расчетов передачи (геометрия, прочность, долговечность).

Введите данные на ***Странице 1***.



Особенности ввода некоторых данных на первой странице:

- **число витков червяка**;

  Как правило, используются значения - 1, 2, 3.

- **коэффициент диаметра червяка**;

Значения коэффициентов диаметра червяка стандартизованы и зависят от передаточного отношения и межосевого расстояния. Чтобы ввести стандартное значение, нажмите кнопку  , расположенную справа от поля ***Коэффициент диаметра червяка***. Откроется окно с таблицей стандартных значений. Нужное значение будет выделено. Нажмите кнопку ***ОК***, значение появится в поле ***Коэффициент диаметра червяка***.
При необходимости значение можно ввести или отредактировать вручную.

- **вид червяка**.

  GB – базовый глобоидный червяк;
  GAU – модифицированный глобоидный червяк;
  GAUT – глобоидный червяк с вогнутым профилем.

Введите данные на ***Странице 2***:

- **степень точности**;

  При назначении степени точности глобоидных передач необходимо руководствоваться следующими положениями.

  1. Согласно ГОСТ 16502-83 «Основные нормы взаимозаменяемости. Передачи глобоидные. Допуски» для глобоидных передач и глобоидных пар (без корпуса), выполненных в соответствии с ГОСТ 24438-80, номинальные поверхности витков червяков которых образованы прямой линией или производящей поверхностью вращения, образованной прямой линией, с межосевым углом 90°, устанавливаются четыре степени точности глобоидных червяков, колес, пар и передач, обозначаемых в порядке убывания точности цифрами **6**, **7**, **8** и **9**.
  2. Для глобоидных червяков, колес, пар и передач каждой степени точности устанавливают нормы кинематической точности, нормы плавности работы и нормы контакта зубьев и витков.
  3. Допускается комбинирование норм кинематической точности, норм плавности работы и норм контакта зубьев и витков разных степеней точности.

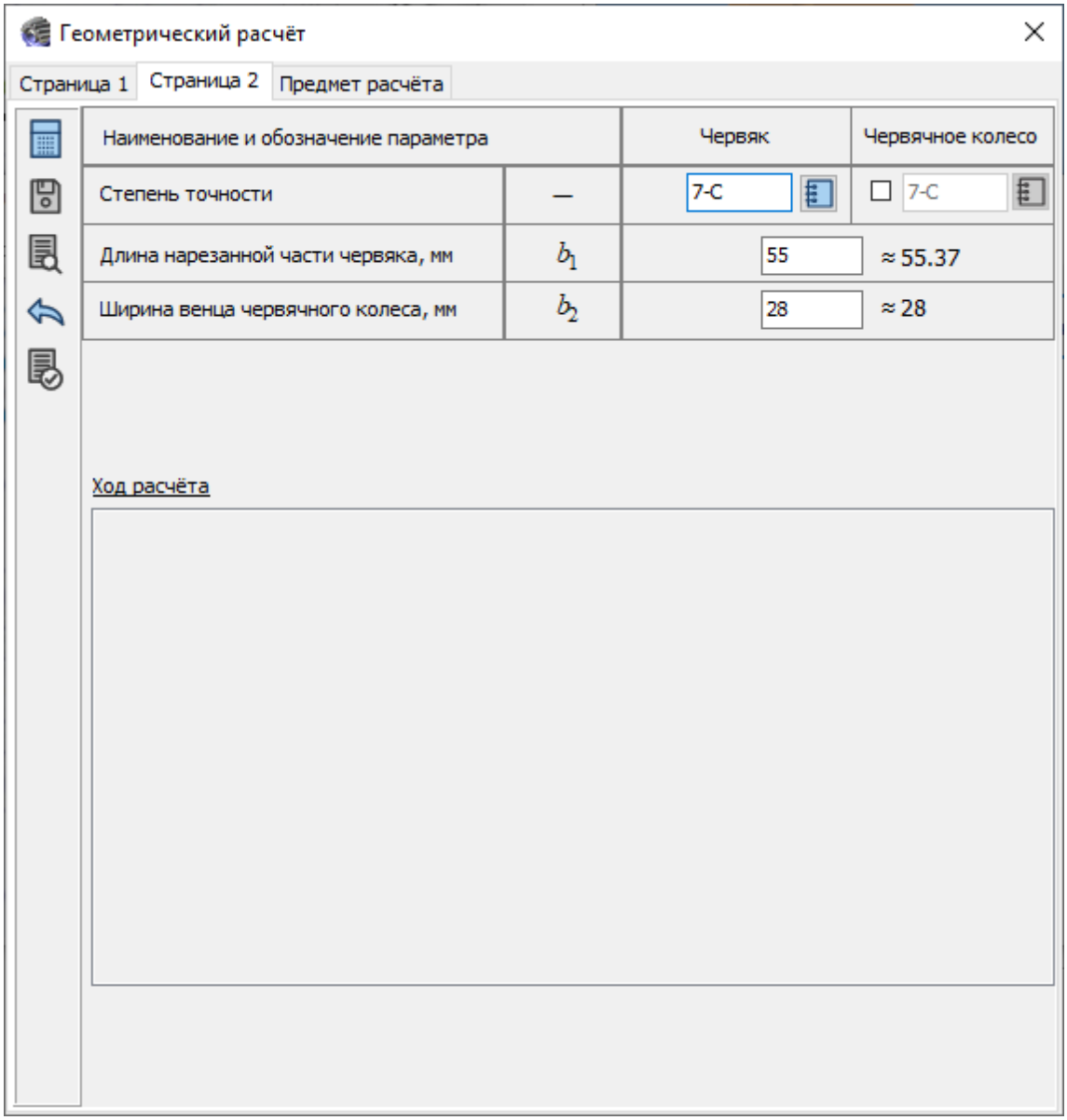
     При комбинировании норм разных степеней точности нормы плавности работы глобоидных червяков, колес, пар и передач могут быть не более чем на две степени точнее норм кинематической точности; нормы контакта зубьев колеса и витков червяка не могут быть грубее норм плавности работы глобоидных передач.
  4. Устанавливают пять видов сопряжений глобоидного червяка с колесом, обозначаемые в порядке убывания величины бокового зазора буквами **A**, **B**, **C**, **D**, **E**.

     Соответствие между видами сопряжения глобоидного червяка с колесом в передаче и степенью точности по нормам плавности работы указано

Вид сопряжений	A	B	C	D	E
Степень точности по нормам плавности работы	6 – 9	6 – 9	6 – 9	6 – 8	6 – 7

  Точность изготовления глобоидных передач задается степенью точности, а требования к боковому зазору - видом сопряжения по нормам бокового зазора.
  чтобы для червячного колеса назначить степень точности, отличную от червяка, включите опцию, расположенную слева от поля ввода степени точности червячного колеса.

- длину нарезанной части червяка и ширину венца червячного колеса (при вводе руководствуйтесь ограничениями по значениям величин, отображенными справа от полей ввода).

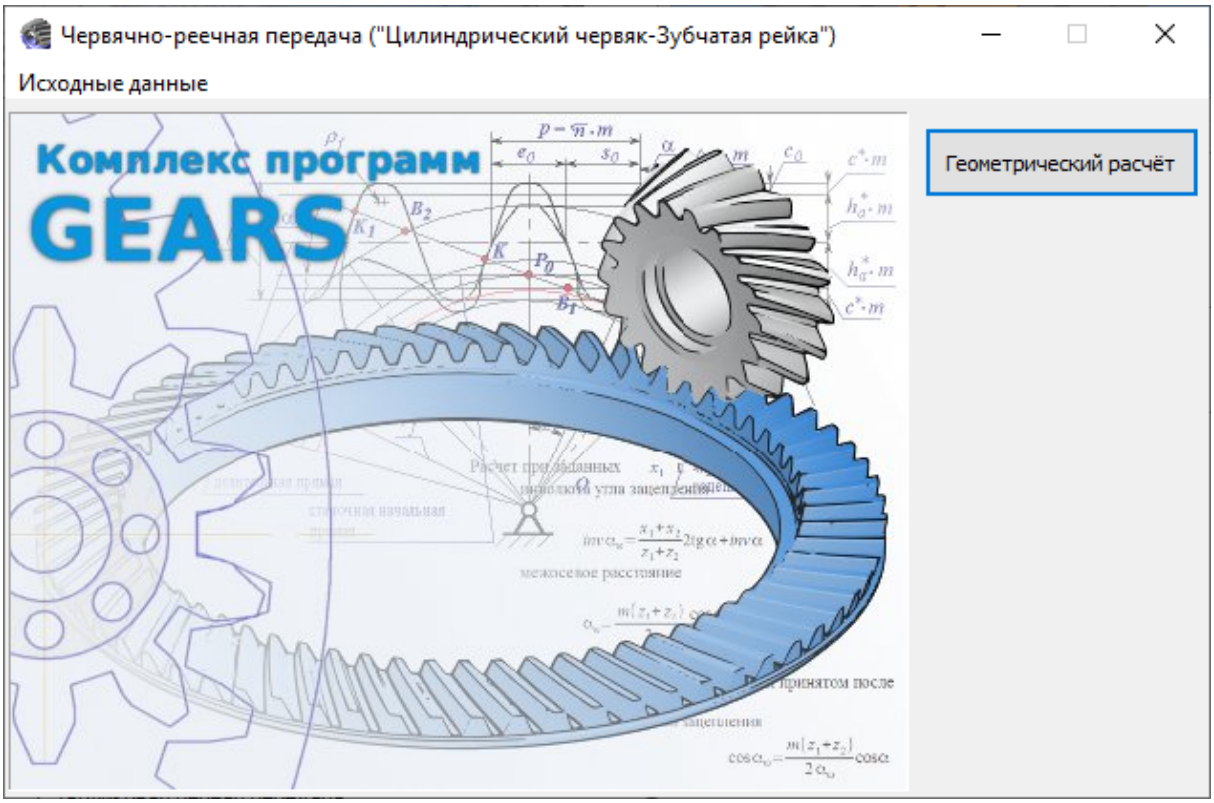


Для управления расчетом и данными используйте кнопки инструментальной панели.

Основной вывод по результатам расчета передачи приведен в области ***Ход расчета***.

Червячно-реечная передача (Цилиндрический червяк - Зубчатая рейка)

Средствами модуля *КОМПАС-GEARS* может быть выполнен геометрический расчет[230] червячно-реечной передачи «Цилиндрический червяк – Зубчатая рейка».



Если предстоит рассчитать модель элемента механических передач уже созданную в системе *Валы и механические передачи 2D*, геометрические параметры этого элемента будут автоматически переданы в *Модуль расчетов механических передач*.

Линейные размеры задаются в миллиметрах, а угловые - в градусах, минутах, секундах.

Исходные данные для расчета могут быть сохранены в файле формата **.worm_grc_dat* с помощью команд строки меню ***Исходные данные***[365] или непосредственно при выполнении расчетов. Впоследствии сохраненные данные можно будет загружать для расчета в модуль *КОМПАС-GEARS*.

Внимание! Расчет может быть произведен, если на компьютере установлен Дополнительный комплект[9] **системы *Валы и механические передачи 2D*.**

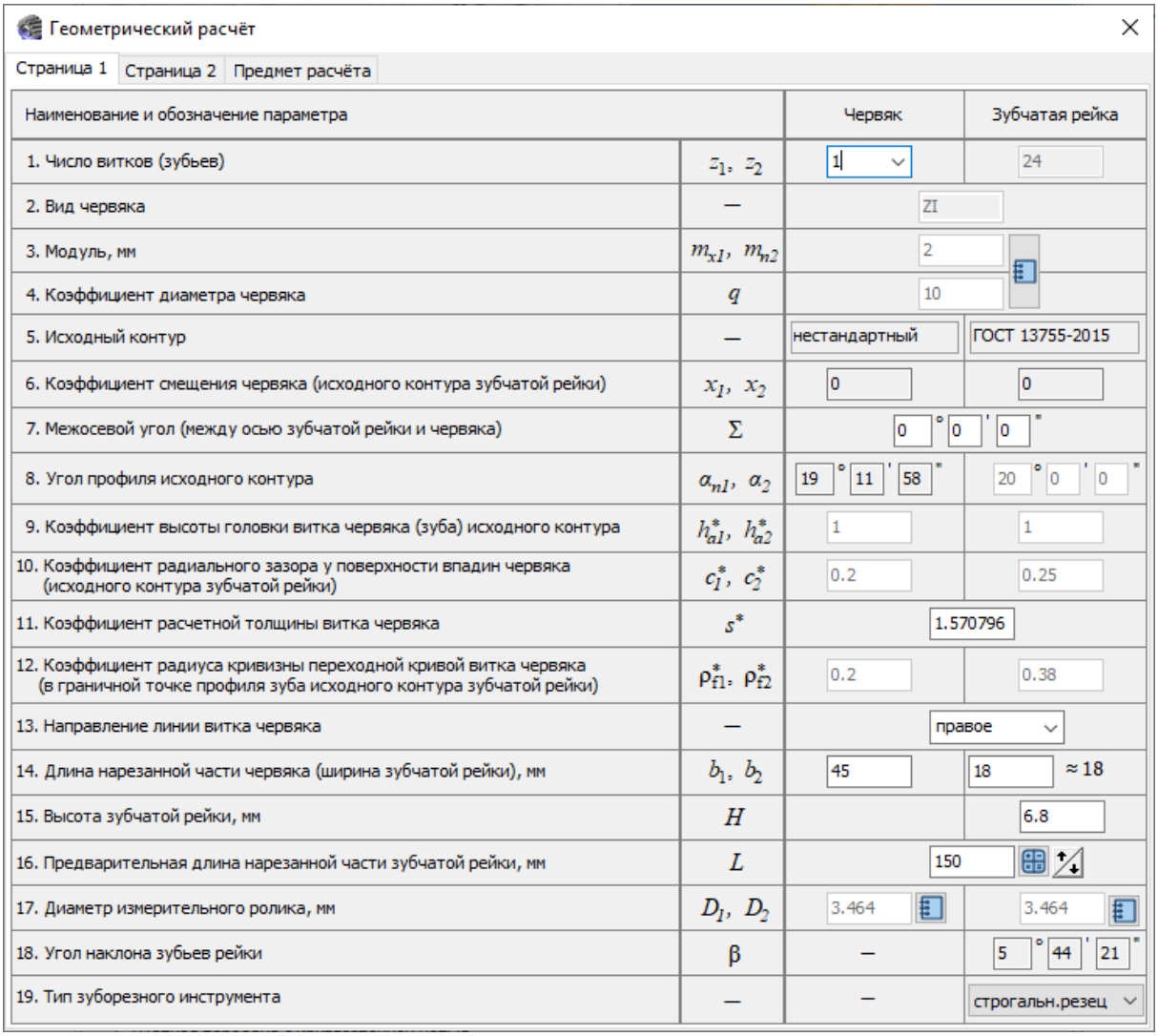
Геометрический расчет

Цели выполнения геометрического расчета:

- определение основных параметров передачи;
- определение размеров для контроля;
- проверка качества зацепления по геометрическим показателям.

Поля ввода исходных данных располагаются на двух страницах. Перейти на вторую страницу и выполнить расчет можно только после ввода всех данных на первой странице. Данные на странице ***Предмет расчета*** (описательная информация о расчете) постоянны для всех расчетов передачи.

Введите данные на ***Странице 1***.



Особенности ввода некоторых данных:

- **число витков червяка**;

  В от выбранного числа витков червяка будет зависеть число зубьев зубчатой рейки.

- **модуль и коэффициент диаметра червяка**;

  Значения модуля и коэффициентов диаметра червяка стандартизованы. Чтобы выбрать значения, нажмите кнопку  , расположенную справа от полей ***Модуль*** и ***Коэффициент диаметра червяка***, и выполните необходимые действия в открывшемся окне ***Выбор модуля и исходного контура***[232]. Значение параметров появится в соответствующих полях ввода.

- **параметры исходного контура**;

  Поля, соответствующие параметрам исходного контура,

- ***Угол профиля исходного контура***,
- ***Коэффициента высоты головки витка червяка (зуба) исходного контура***,
- ***Коэффициента радиального зазора у поверхности впадин червяка (исходного контура зубчатого колеса)***,
- ***Коэффициент расчетной толщины витка червяка***,
- ***Коэффициента радиуса кривизны переходной кривой витка червяка (в граничной точке профиля зуба исходного контура зубчатой рейки)***

будут заполнены автоматически. Некоторые значения доступны для редактирования. Если навести курсор на поле ввода редактируемого значения, появится подсказка, в которой указан диапазон его возможных значений.

- **предварительная длина нарезанной части зубчатой рейки**;

  Значение параметра вводится вручную. После вычисления числа зубьев рейки, длину рейки можно пересчитать с учетом кратности шага рейки. Для пересчета длины нажмите кнопку ***Пересчитать до ближайшего значения, кратного шагу рейки***.
  При необходимости длину рейки можно увеличить или уменьшить на величину одного зуба кратно шагу. Для этого воспользуйтесь кнопкой ***Увеличить/Уменьшить длину рейки на 1 зуб кратно шагу***.

- **диаметр измерительного ролика**;

  По умолчанию в полях ввода отображается рекомендованное значение диаметра. Чтобы выбрать другой диаметр, нажмите кнопку ***Подбор диаметра***, расположенную справа от полей ***Диаметр измерительного ролика***. Порядок работы при этом будет таким же, как и при выборе диаметра 378 измерительного ролика (шарика) для цилиндрической шестерни внешнего зацепления.
  Чтобы вернуться к рекомендованному значению, нажмите клавишу ***<F10>***.

- **тип зуборезного инструмента**.

  Для зубчатой рейки потребуется выбрать тип зуборезного инструмента. Выбор осуществляется из раскрывающегося списка возможных значений.

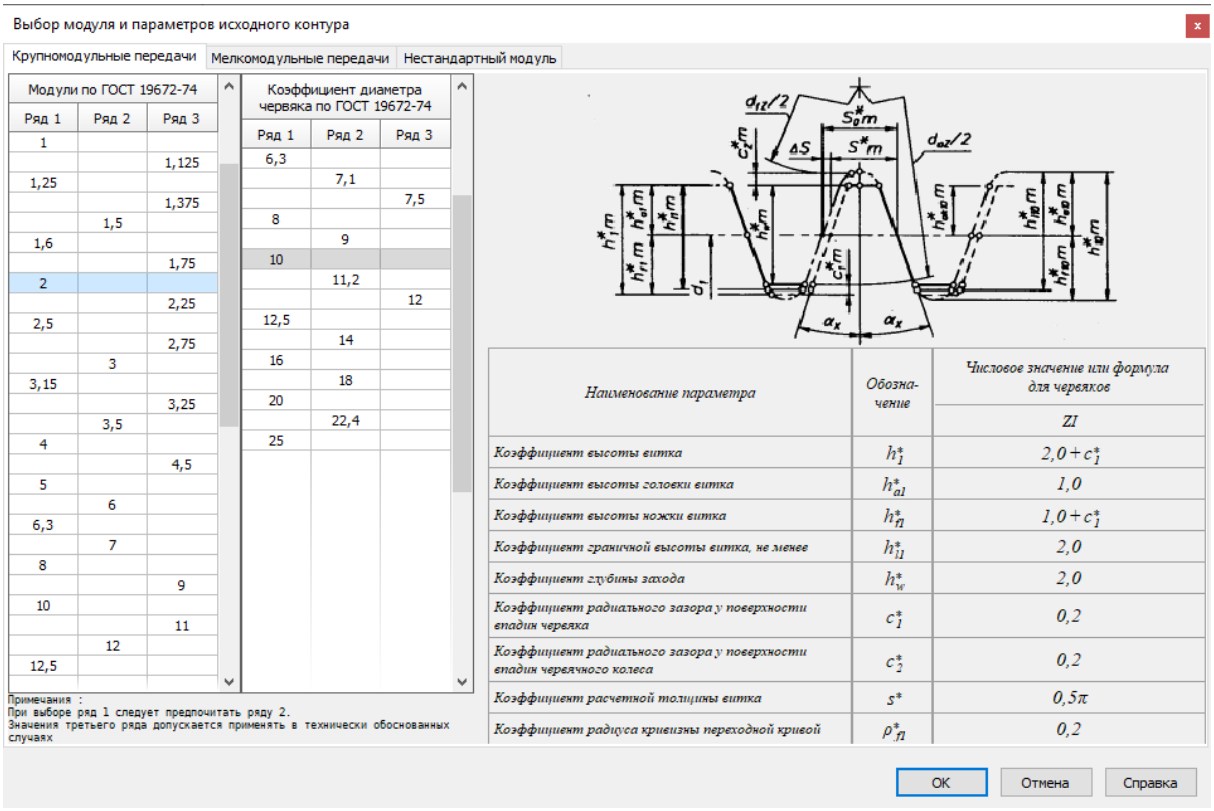
На ***Странице 2*** назначьте степень точности для передачи. Степень точности червячно-реечных передач назначаются 204 так же, как и для червячных цилиндрических передач.
Чтобы для зубчатой рейки назначить степень точности, отличную от червяка, включите опцию, расположенную слева от поля ввода степени точности червячного колеса.

Для управления расчетом и данными используйте кнопки инструментальной панели.

Основной вывод по результатам расчета передачи приведен в области ***Ход расчета***.

Выбор модуля и параметров исходного контура

Выбор модуля и коэффициента диаметра червяка осуществляется в диалоге, который открывается после нажатия кнопки , находящейся в окне ***Геометрический расчет*** справа от полей ***Модуль*** и ***Коэффициент диаметра червяка***.



В окне диалога содержится несколько вкладок, каждая из которых соответствует определенному стандарту:

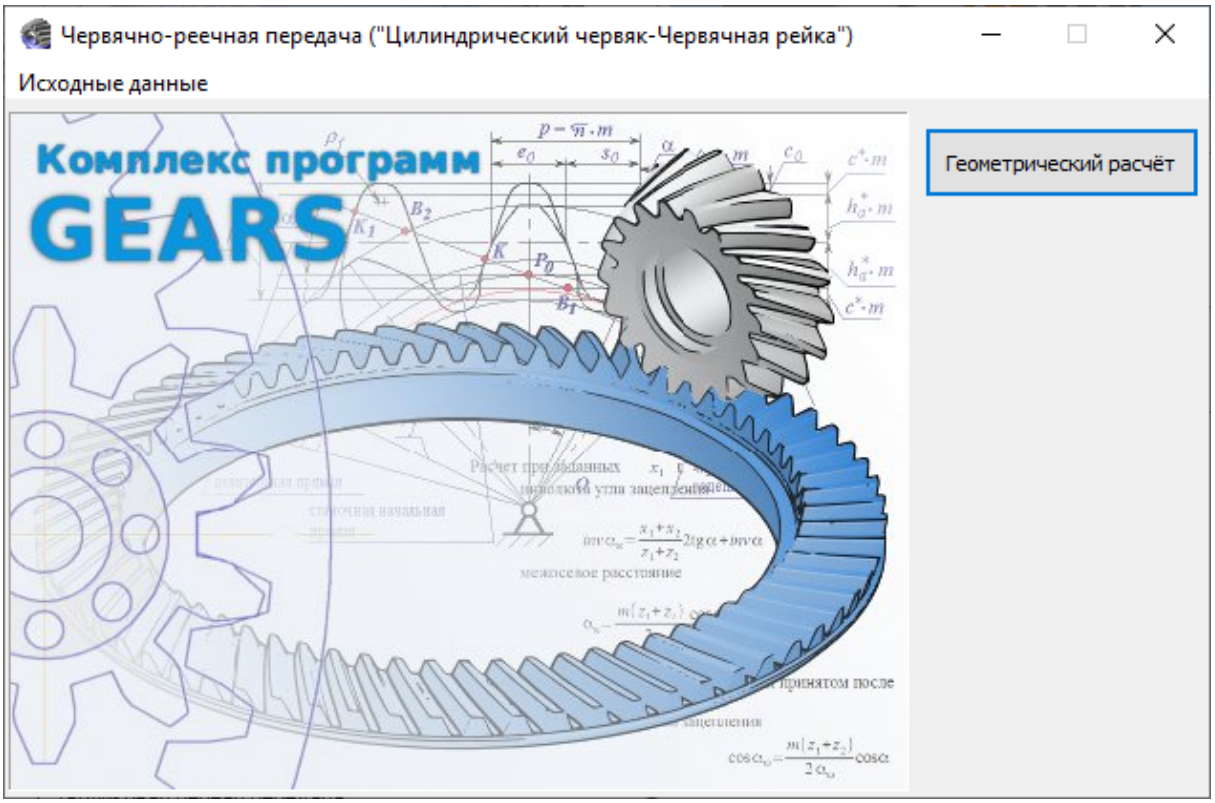
- ***Крупномодульные передачи***;
- ***Мелкомодульные передачи***;
- ***Нестандартный модуль***.

1. Чтобы выбрать модуль и коэффициент диаметра червяка, раскройте нужную вкладку. В левой части окна будет показан список возможных значений модуля и коэффициента диаметра червяка. В правой части приведены:
   - изображение исходного контура со всеми параметрами;
   - справочная информация об исходном контуре.
2. Щелчком мыши последовательно выберите нужные значения модуля и коэффициента диаметра червяка.

   Если вы раскрыли вкладку ***Нестандартный модуль***, вам вручную потребуется ввести в соответствующие поля ввода значения модуля и коэффициента диаметра червяка.
3. Нажмите кнопку ***ОК***. Значения модуля и коэффициента диаметра червяка появятся в окне ***Геометрический расчет***.

Червячно-реечная передача (Цилиндрический червяк - Червячная рейка)

Средствами модуля *КОМПАС-GEARS* может быть выполнен геометрический расчет[234] червячно-реечной передачи «Цилиндрический червяк – Червячная рейка».



Если предстоит рассчитать модель элемента механических передач уже созданную в системе *Валы и механические передачи 2D*, геометрические параметры этого элемента будут автоматически переданы в *Модуль расчетов механических передач*.

Линейные размеры задаются в миллиметрах, а угловые - в градусах, минутах, секундах.

Исходные данные для расчета могут быть сохранены в файле формата **.worm_wrc_dat* с помощью команд строки меню ***Исходные данные*** 365 или непосредственно при выполнении расчетов. Впоследствии сохраненные данные можно будет загружать для расчета в модуль *КОМПАС-GEARS*.

Внимание! Расчет может быть произведен, если на компьютере установлен Дополнительный комплект 9 системы *Валы и механические передачи 2D*.

Геометрический расчет

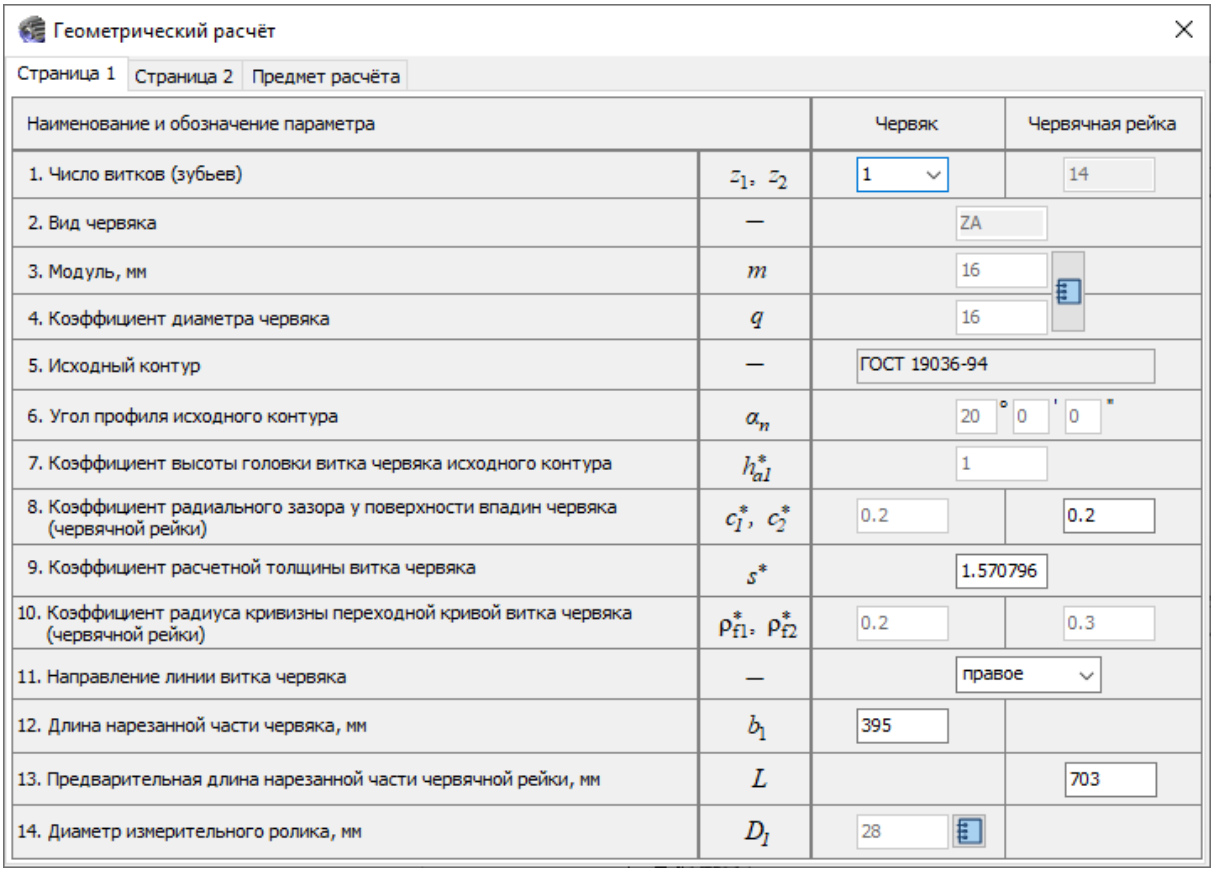
Цели выполнения геометрического расчета:

- определение основных параметров передачи;
- определение размеров для контроля;
- проверка качества зацепления по геометрическим показателям.

Поля ввода исходных данных располагаются на двух страницах. Перейти на вторую страницу и выполнить расчет можно только после ввода всех данных на первой странице. Данные на странице

Предмет расчета (описательная информация о расчете) постоянны для всех расчетов передачи.

Введите данные на ***Странице 1***.



Особенности ввода некоторых данных на первой странице:

- **число витков червяка**;

  В от выбранного числа витков червяка будет зависеть число зубьев червячной рейки.

- **модуль и коэффициент диаметра червяка**;

  Значения модуля и коэффициентов диаметра червяка стандартизованы. Чтобы выбрать значения, нажмите кнопку  , расположенную справа от полей ***Модуль*** и ***Коэффициент диаметра червяка***, и выполните необходимые действия в открывшемся окне ***Выбор модуля и исходного контура*** 236. Значение параметров появится в соответствующих полях ввода.

- **параметры исходного контура**;

  Поля, соответствующие параметрам исходного контура,

  - ***Угол профиля исходного контура***,
  - ***Коэффициента высоты головки витка червяка исходного контура***,
  - ***Коэффициента радиального зазора у поверхности впадин червяка (червячной рейки)***,

- ***Коэффициент расчетной толщины витка червяка***,
- ***Коэффициента радиуса кривизны переходной кривой витка червяка (червячной рейки)***

будут заполнены автоматически. Некоторые значения доступны для редактирования. Если навести курсор на поле ввода редактируемого значения, появится подсказка, в которой указан диапазон его возможных значений.

- **диаметр измерительного ролика**.

  По умолчанию в полях ввода отображается рекомендованное значение диаметра. Чтобы выбрать другой диаметр, нажмите кнопку ***Подбор диаметра***, расположенную справа от полей ***Диаметр измерительного ролика***. Порядок работы при этом будет таким же, как и при выборе диаметра 378 измерительного ролика (шарика) для цилиндрической шестерни внешнего зацепления.
  Чтобы вернуться к рекомендованному значению, нажмите клавишу ***<F10>***.

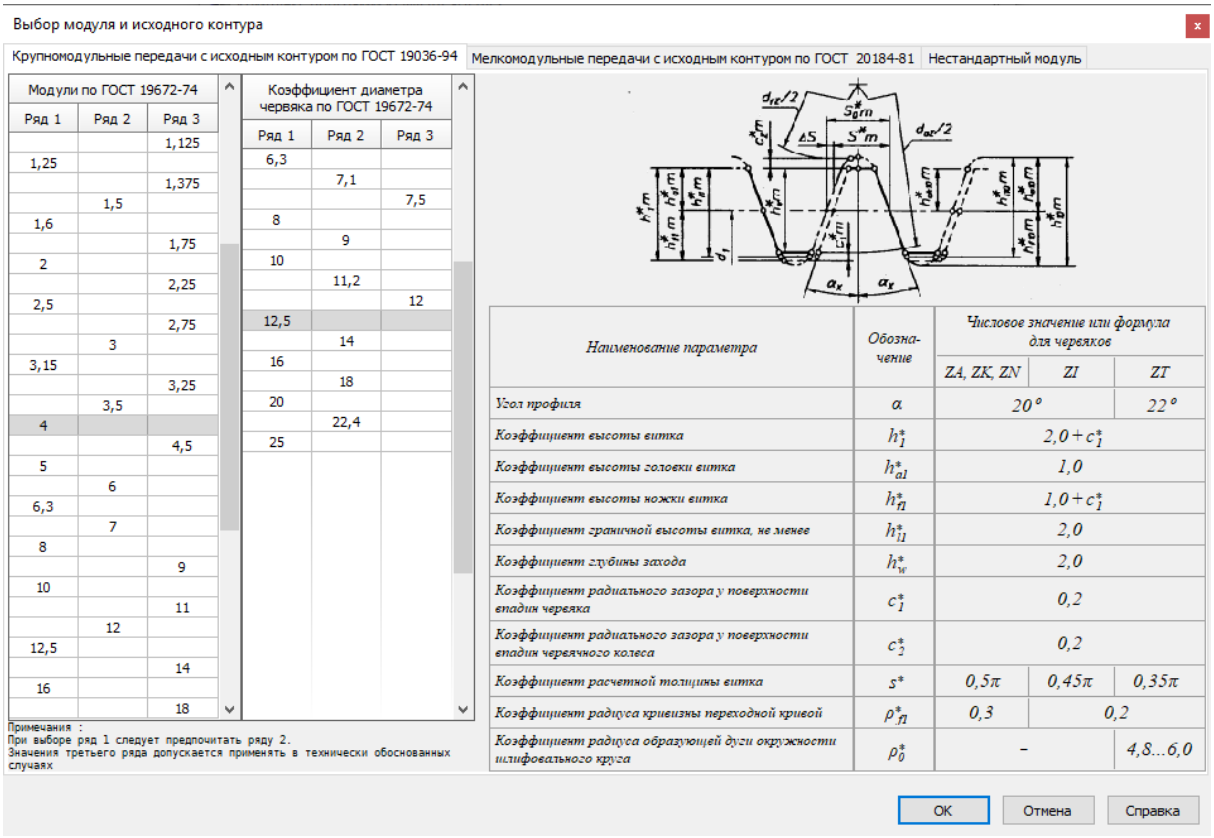
На ***Странице 2*** назначьте степень точности для передачи. Степень точности червячно-реечных передач назначаются 204 так же, как и для червячных цилиндрических передач.
Чтобы для зубчатой рейки назначить степень точности, отличную от червяка, включите опцию, расположенную слева от поля ввода степени точности червячного колеса.

Для управления расчетом и данными используйте кнопки инструментальной панели.

Основной вывод по результатам расчета передачи приведен в области ***Ход расчета***.

Выбор модуля и исходного контура

Выбор модуля и коэффициента диаметра червяка осуществляется в диалоге, который открывается после нажатия кнопки , находящейся в окне ***Геометрический расчет*** справа от полей ***Модуль*** и ***Коэффициент диаметра червяка***.



В окне содержится несколько вкладок, каждая из которых соответствует определенному стандарту:

- ***Крупномодульные передачи с исходным контуром по ГОСТ 19036-94***;
- ***Мелкомодульные передачи с исходным контуром по ГОСТ 20184-81***;
- ***Нестандартный модуль***.

1. Чтобы выбрать модуль и коэффициент диаметра червяка, раскройте вкладку с нужным стандартом. В левой части окна будет показан список возможных значений модуля и коэффициента диаметра червяка. В правой части приведены:
   - изображение исходного контура со всеми параметрами;
   - справочная информация об исходном контуре.
2. Щелчком мыши последовательно выберите нужные значения модуля и коэффициента диаметра червяка.

   Если вы раскрыли вкладку ***Нестандартный модуль***, вам потребуется ввести в соответствующие поля ввода значения модуля и коэффициента диаметра червяка, а также выбрать стандарт на исходный контур в списке возможных значений ***Исходный контур***.
3. Нажмите кнопку ***ОК***. Значения модуля и коэффициента диаметра червяка появятся в окне ***Геометрический расчет***.

Часовые передачи

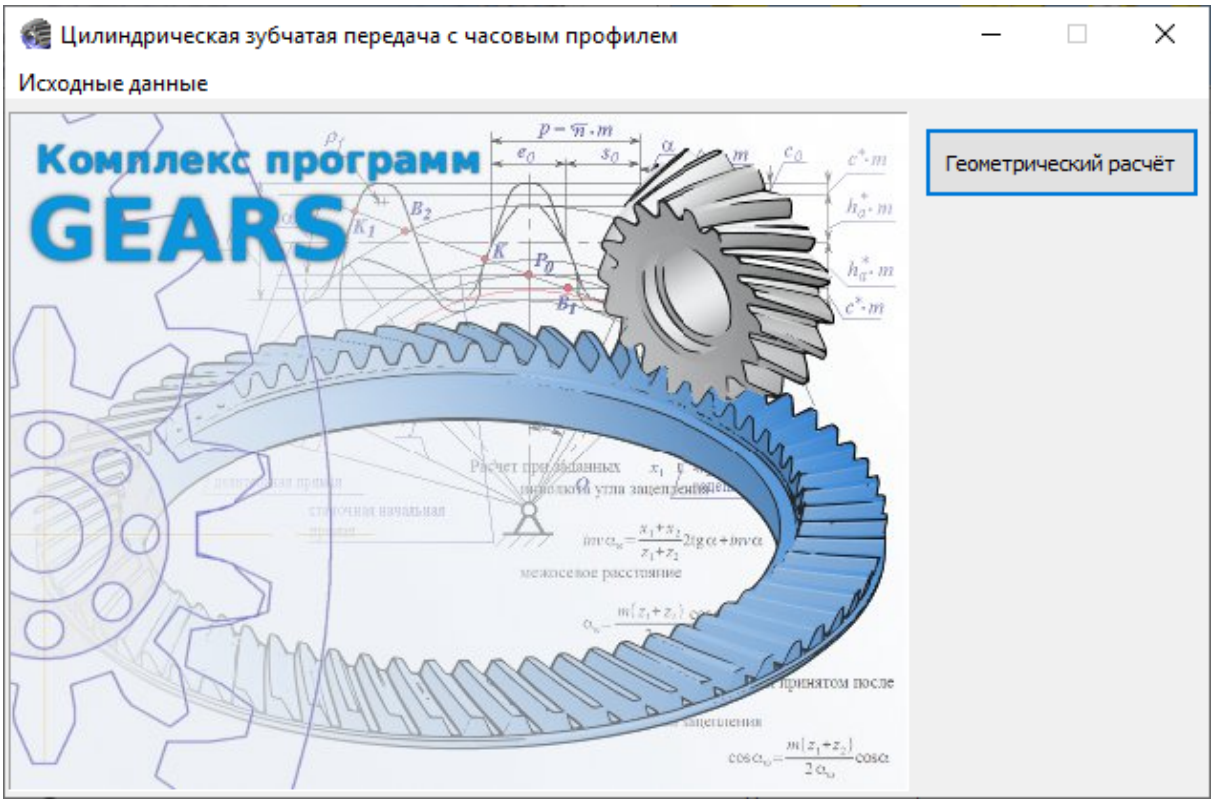
Средствами модуля *КОМПАС-GEARS* могут быть рассчитаны:

- цилиндрические зубчатые передачи с часовым профилем 238;
- цевочные часовые передачи 243.

Внимание! Расчет может быть произведен, если на компьютере установлен комплект Часовые механизмы 9 системы *Валы и механические передачи 2D.* только при наличии специальной лицензии.

Цилиндрические зубчатые передачи с часовым профилем

Средствами модуля *КОМПАС-GEARS* может быть выполнен геометрический расчет 239 цилиндрических зубчатых передач с часовым профилем.



Если предстоит рассчитать модель элемента механической передачи, уже созданную в системе *Валы и механические передачи 2D*, геометрические параметры этого элемента будут автоматически переданы в *Модуль расчетов механических передач*.

Линейные размеры задаются в миллиметрах, а угловые - в градусах, минутах, секундах.

Исходные данные для расчета могут быть сохранены в файле формата **.default.cloc_gea_dat* с помощью команд строки меню ***Исходные данные*** 365 или непосредственно при выполнении расчетов. В дальнейшем сохраненные данные можно будет загружать для расчета в модуль *КОМПАС-GEARS*.

Чтобы приступить к выполнению расчета, нажмите в окне ***Цилиндрическая зубчатая передача с часовым профилем*** кнопку, соответствующую виду расчета.



Внимание! Расчет может быть произведен, если на компьютере установлен комплект Часовые механизмы 9 системы *Валы и механические передачи 2D.* только при наличии специальной лицензии.

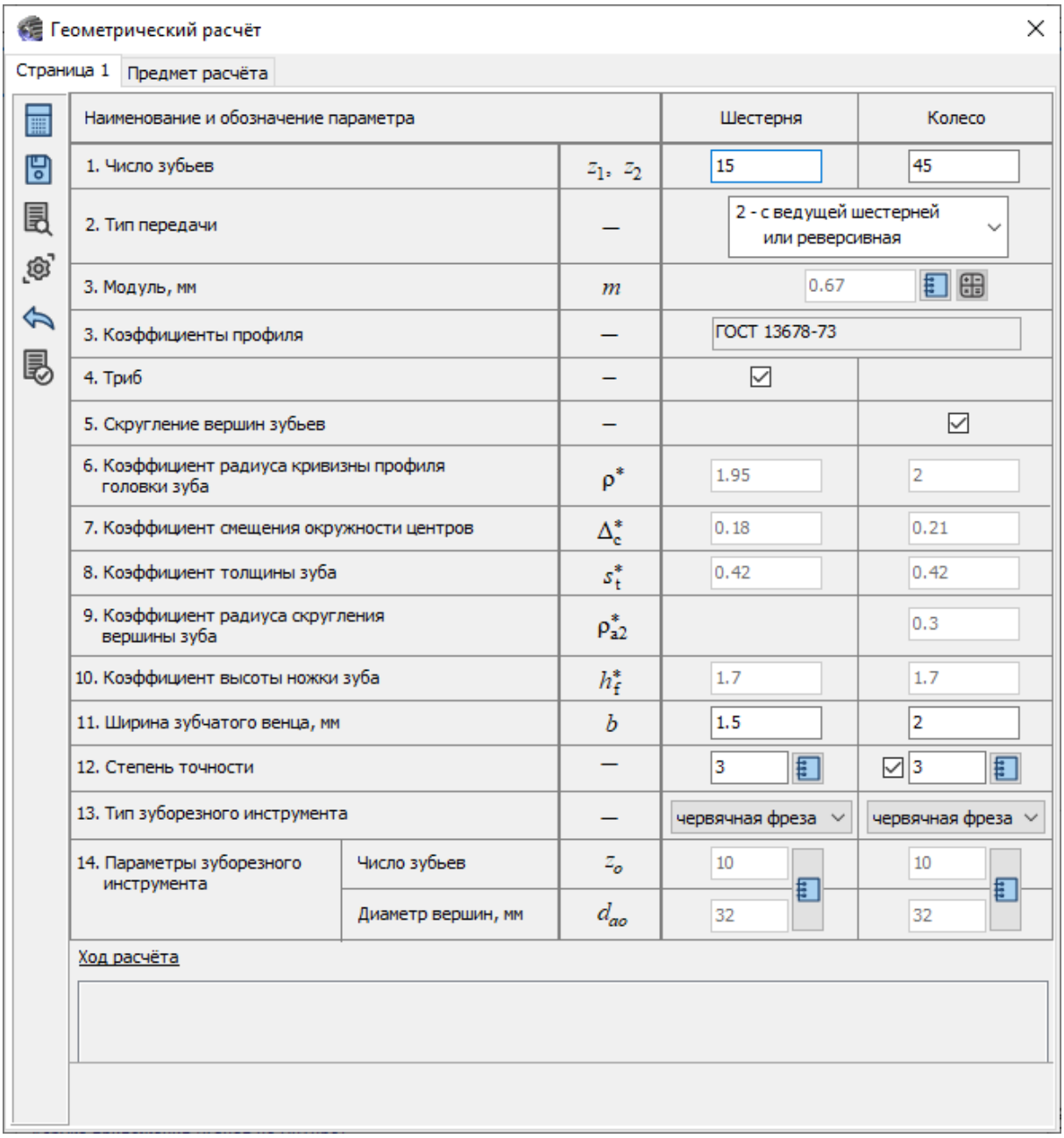
Геометрический расчет

Геометрический расчет цилиндрической зубчатой передачи с часовым профилем выполняется в соответствии с ГОСТ 13678-73 «Передачи зубчатые цилиндрические мелкомодульные с часовым профилем. Типы, основные параметры и размеры, допуски».

Целями выполнения геометрического расчета являются:

- определение основных параметров зубчатых колес;
- проверка качества зацепления по геометрическим показателям.

На ***Странице 1*** введите исходные данные, необходимые для расчета.



Особенности ввода некоторых данных:

- **модуль**;

  Значения модуля стандартизованы. Чтобы выбрать модуль, нажмите кнопку ***Выбор модуля***, расположенную справа от поля ***Модуль***, и выполните необходимые действия в открывшемся окне ***Выбор модуля*** 241. Значение модуля появится в соответствующем поле ввода.

  Если выбраны нестандартные коэффициенты профиля, то можно выполнить расчет, в результате которого будут подобраны коэффициенты профиля, исключающие интерференцию. Для этого нажмите кнопку ***Подбор коэффициентов профиля*** и дождитесь результатов.

- **триб**;

  Включите опцию, если проектируемая шестерня – **триб** (зубчатое колесо, составляющее единое целое с собственной осью вращения).

- **степень точности**;

  Согласно ГОСТ 13678-73 «Передачи зубчатые цилиндрические мелкомодульные с часовым профилем. Типы, основные параметры и размеры, допуски» устанавливаются шесть степеней точности зубчатых колес и передач, обозначаемых в порядке убывания точности цифрами **1**, **2**, **3**, **4**, **5**, **6**. Для степени точности **1** допуски и отклонения не регламентируются. Чтобы для колеса назначить степень точности, отличную от шестерни, включите опцию, расположенную слева от поля ввода степени точности колеса.

- **тип зуборезного инструмента**;

  Выбор типа зуборезного инструмента осуществляется из раскрывающегося списка возможных значений.
  В случае выбора вариантов ***червячная фреза***, ***дисковая фреза*** потребуется выбрать параметры зуборезного инструмента.

- **параметры зуборезного инструмента**.

  Выбор параметров зуборезного инструмента (червячной фрезы 374, дисковой фрезы 377) осуществляется в специальных диалогах, которые открываются после нажатия кнопки  ***Выбор (тип инструмента)***.

Для управления расчетом и данными используйте кнопки инструментальной панели.

Во время выполнения расчета происходит диагностика рассчитываемой передачи по различным критериям и показателям. Результаты диагностики отображаются в области ***Ход расчета***. Если диагностируемые параметры удовлетворительны, результаты диагностики выделены зеленым цветом. Если неудовлетворительны – красным.
Чтобы получить информационное сообщение с рекомендациями по исправлению ошибок, наведите курсор мыши на неудовлетворительный результат диагностики. В сообщениях используется специальная терминология 10.
Основной вывод по итогам диагностики передачи приведен в нижней части окна.

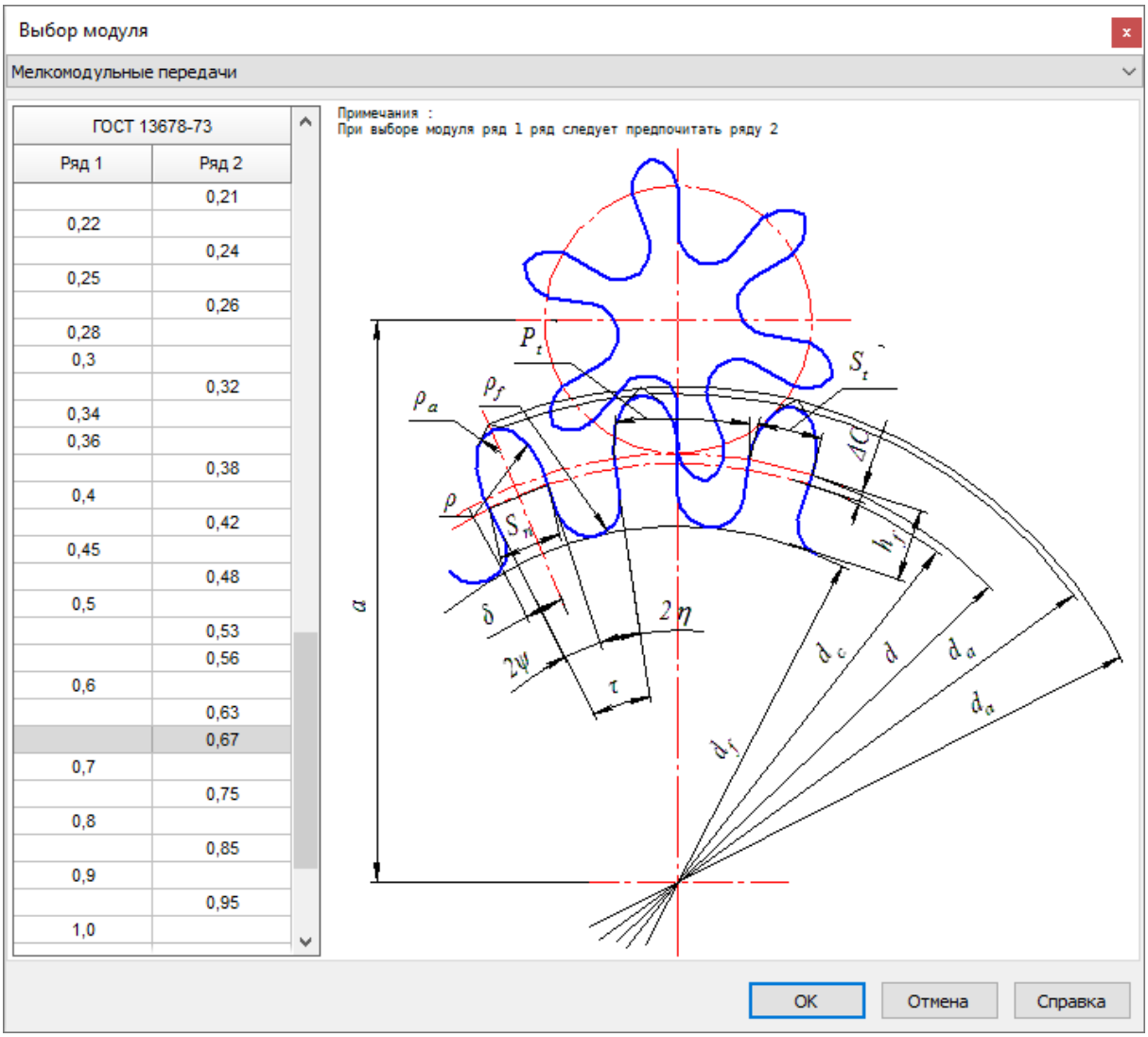
После выполнения расчета передачи можно визуализировать работу 380 зубчатого зацепления. Для этого нажмите на панели инструментов кнопку  ***Визуализация зацепления*** и выполните необходимые действия в открывшемся окне.



Для зубчатого колеса, спроектированного с нарушением показателей качества зацепления, могут возникнуть сложности при генерации 3D-модели.

Выбор модуля

Выбор модуля шестерни зубчатой передачи с часовым профилем осуществляется в диалоге ***Выбор модуля***, который открывается после нажатия кнопки  ***Выбор модуля***, находящейся в окне ***Геометрический расчет***.



В верхней части окна находится раскрывающийся список, в котором перечислены варианты, доступные для выбора:

- крупномодульные передачи ГОСТ 9563-60;
- мелкомодульные передачи ГОСТ 13678-73;
- нестандартный модуль и (или) коэффициенты профиля.

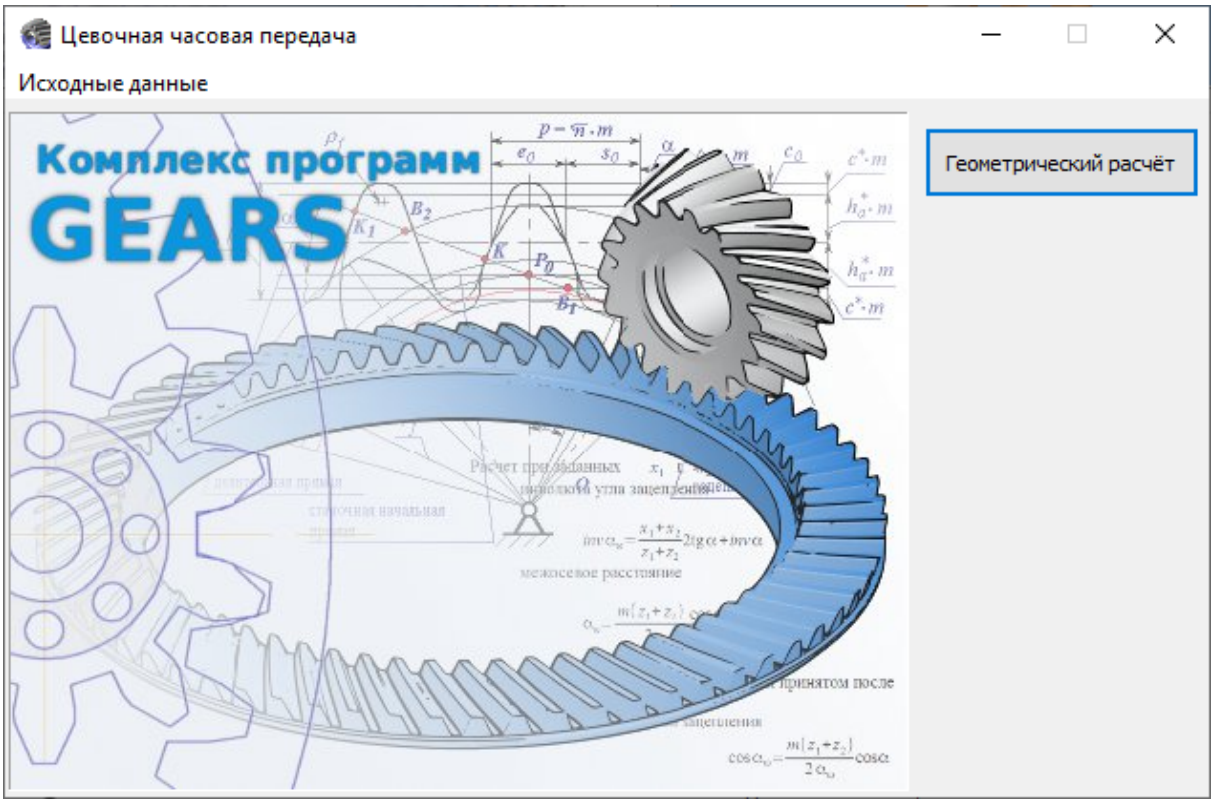
1. Выберите из списка нужный вариант. В левой части окна будет показан список возможных значений модуля.
2. Щелчком мыши выберите значение.

   Если вы выбрали ***Нестандартный модуль***, вам потребуется ввести значение модуля в поле ***Модуль*** и выбрать один из вариантов в списке ***Коэффициенты профиля***:

   - ***ГОСТ 13678 -73***;
   - ***Нестандартный***.
3. Нажмите кнопку ***ОК***. Значение модуля появится в поле ***Модуль***.

Цевочные часовые передачи

Средствами модуля *КОМПАС-GEARS* может быть выполнен геометрический расчет[243] цевочной часовой передачи.



Если предстоит рассчитать модель элемента механической передачи, уже созданную в системе *Валы и механические передачи 2D*, геометрические параметры этого элемента будут автоматически переданы в *Модуль расчетов механических передач*.

Линейные размеры задаются в миллиметрах, а угловые - в градусах, минутах, секундах.

Вы можете сохранять исходные данные для расчета в файле формата **.cloc_Int_dat* с помощью команд строки меню ***Исходные данные***[365] или непосредственно при выполнении расчетов. Впоследствии сохраненные данные можно будет загружать для расчета в модуль *КОМПАС-GEARS*.

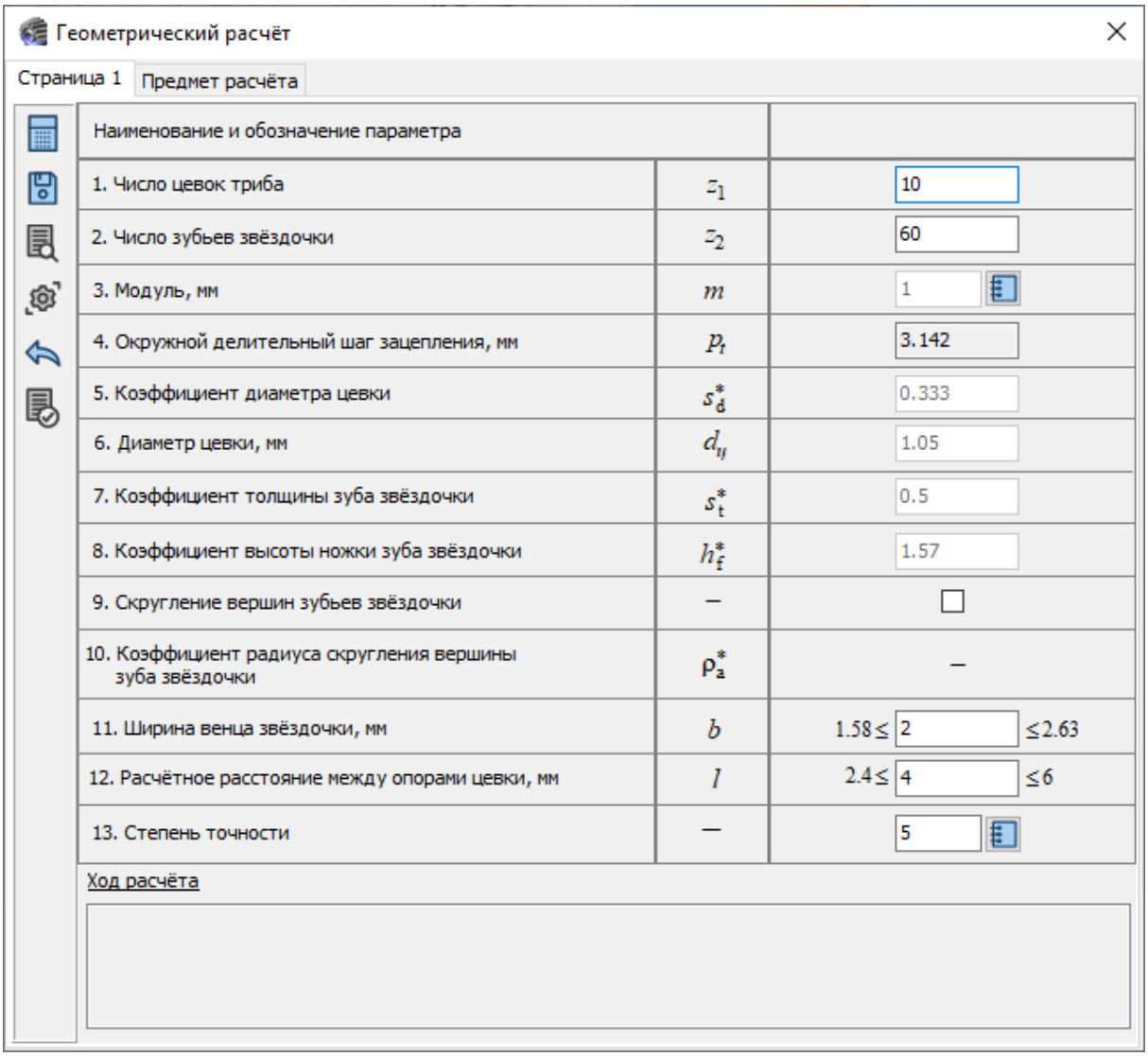
Внимание! Расчет может быть произведен, если на компьютере установлен комплект Часовые механизмы[9] системы *Валы и механические передачи 2D*. только при наличии специальной лицензии.

Геометрический расчет

Цели выполнения геометрического расчета:

- определение основных параметров цевочной часовой передачи;
- определение размеров для контроля.

На ***Странице 1*** введите исходные данные, необходимые для расчета.



Особенности ввода некоторых данных:

- **модуль**;

  Значения модуля стандартизованы. Чтобы выбрать модуль, нажмите кнопку ***Выбор модуля***, расположенную справа от поля ***Модуль***, и выполните необходимые действия в открывшемся окне ***Выбор модуля*** 245. Значение модуля появится в соответствующем поле ввода.

- **степень точности**.

  Для элементов цевочной часовой передачи может быть установлено шесть степеней точности, обозначаемых в порядке убывания точности цифрами **1**, **2**, **3**, **4**, **5**, **6**.

Для управления расчетом и данными используйте кнопки инструментальной панели.

Во время выполнения расчета происходит диагностика рассчитываемой передачи по различным критериям и показателям. Результаты диагностики отображаются в области ***Ход расчета***. Если диагностируемые параметры удовлетворительны, результаты диагностики выделены зеленым цветом. Если неудовлетворительны – красным.

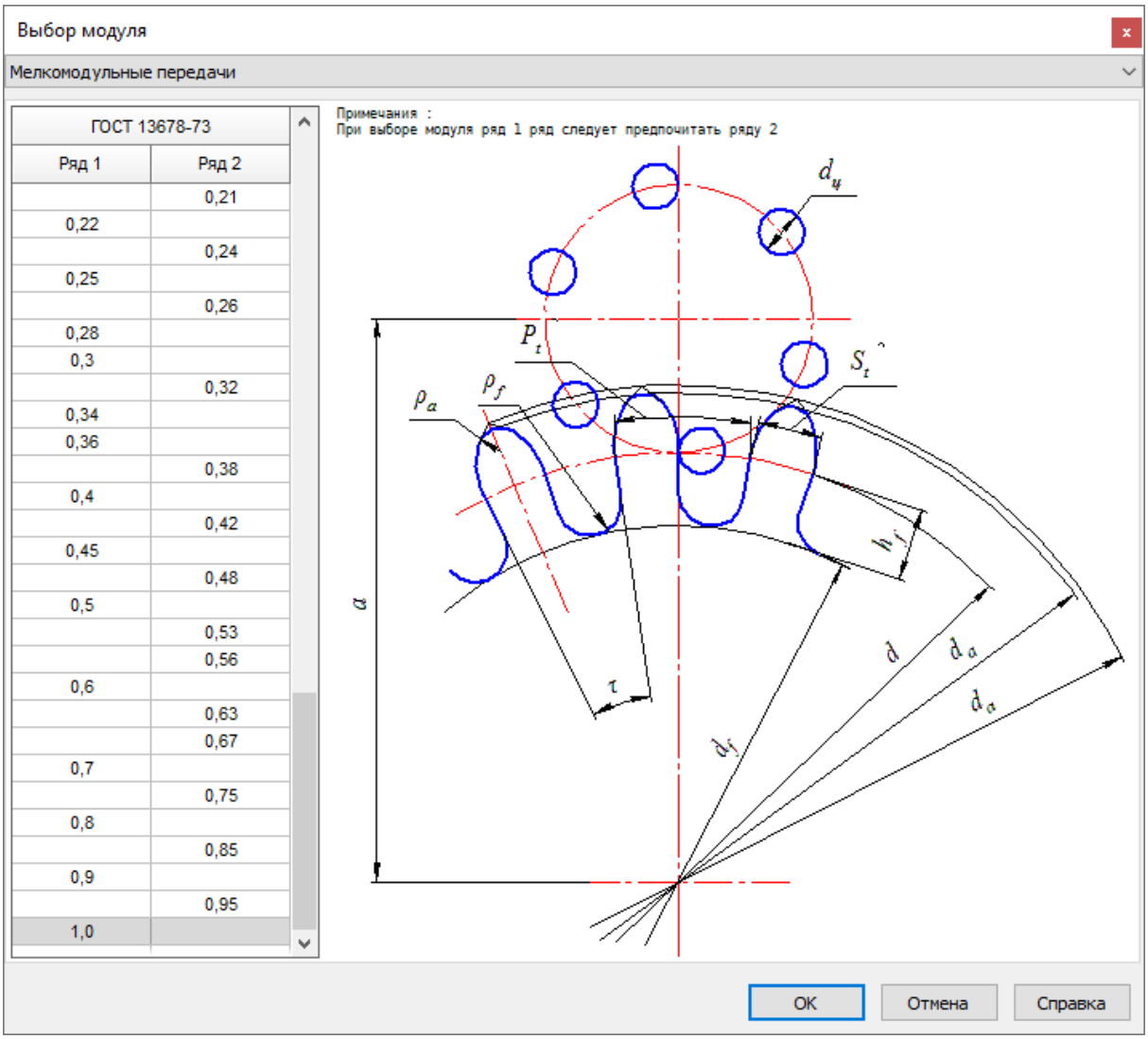
Чтобы получить информационное сообщение с рекомендациями по исправлению ошибок, наведите курсор мыши на неудовлетворительный результат диагностики.
Основной вывод по итогам диагностики передачи приведен в нижней части окна.

После выполнения расчета передачи можно визуализировать работу зацепления. Для этого нажмите на панели инструментов кнопку ***Визуализация зацепления*** и выполните необходимые действия в открывшемся окне.

В случае невыполнения каких-нибудь показателей качества зацепления выдаются информационные сообщения с рекомендациями.

Выбор модуля

Выбор модуля звездочки цевочной часовой передачи осуществляется в диалоге ***Выбор модуля***, который открывается после нажатия кнопки ***Выбор модуля***, находящейся в окне ***Геометрический расчет***.



В верхней части окна находится раскрывающийся список, в котором перечислены варианты, доступные для выбора:

- крупномодульные передачи ГОСТ 9563-60;
- мелкомодульные передачи ГОСТ 13678-73;
- нестандартный модуль.

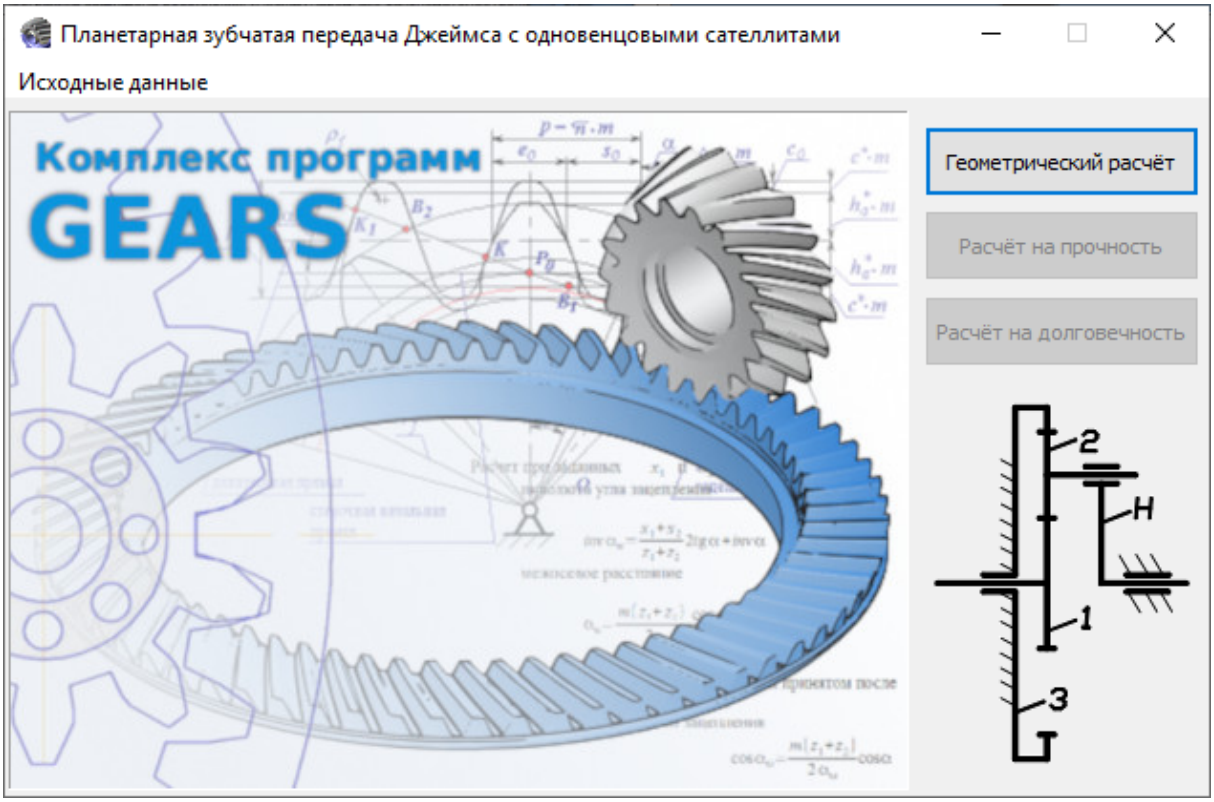
1. Выберите из списка нужный вариант. В левой части окна будет показан список возможных значений модуля.
2. Щелчком мыши выберите значение.

   Если вы выбрали ***Нестандартный модуль***, вам потребуется ввести значение модуля в поле ***Модуль***.
3. Нажмите кнопку ***ОК***. Значение модуля появится в поле ***Модуль***.

Планетарные передачи

Средствами модуля *КОМПАС-GEARS* может быть рассчитана планетарная зубчатая передача Джеймса с одновенцовыми сателлитами. Предусмотрено три вида расчетов, выполняемых последовательно:

- геометрический расчет 247;
- расчет на прочность 255;
- расчет на долговечность 257.



Если предстоит рассчитать модель элемента механической передачи, уже созданную в системе *Валы и механические передачи 2D*, геометрические параметры этого элемента будут автоматически переданы в *Модуль расчетов механических передач*.

Линейные размеры задаются в миллиметрах, а угловые – в градусах, минутах, секундах.

Исходные данные для расчета могут быть сохранены в файле формата **.plan_jos_dat*. Это можно делать с помощью команд строки меню ***Исходные данные*** 365 или непосредственно при выполнении расчетов. В дальнейшем сохраненные данные можно будет загружать для расчета в модуль *КОМПАС-GEARS*.

Чтобы приступить к выполнению расчета, нажмите в окне ***Расчеты планетарной зубчатой передачи Джеймса с одновенцовыми сателлитами*** кнопку, соответствующую виду расчета.



Внимание! Расчеты могут быть произведены, если на компьютере установлен Дополнительный комплект 9 **системы *Валы и механические передачи 2D*.**

Геометрический расчет

В текущей версии системы *КОМПАС-GEARS* реализован геометрический расчет планетарной передачи Джеймса с одновенцовыми сателлитами.

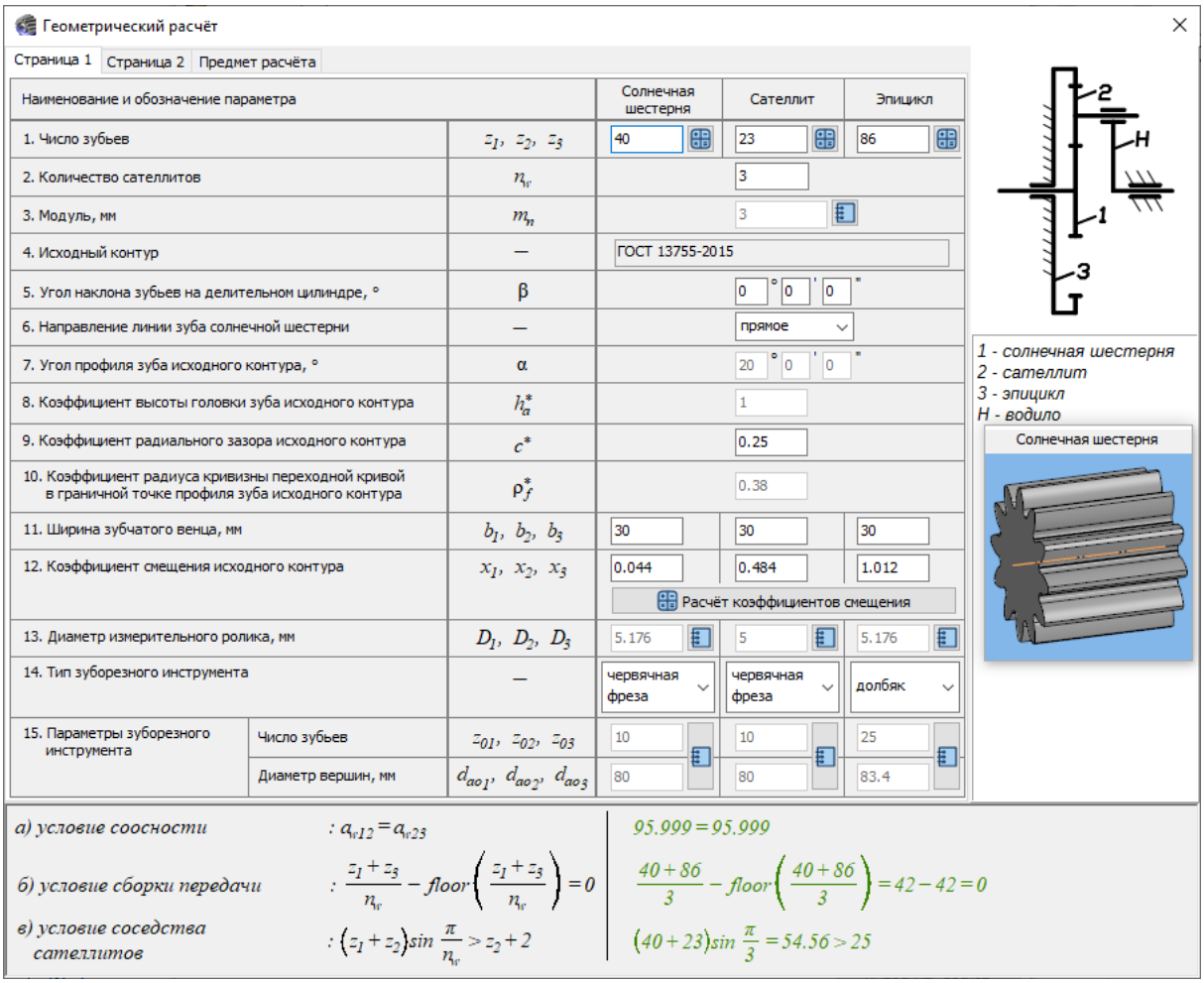
Цели выполнения расчета:

- определение основных геометрических параметров зубчатых колес и размеров для контроля;
- проверка качества зацепления по геометрическим показателям.

Расчет выполняется в соответствии с ГОСТ 16532-70 «Передачи зубчатые цилиндрические эвольвентные внешнего зацепления. Расчет геометрии» и ГОСТ 19274-73 «Передачи зубчатые цилиндрические эвольвентные внутреннего зацепления. Расчет геометрии».

Поля ввода исходных данных располагаются на двух страницах. Переход на вторую страницу и выполнение расчета возможно только после ввода всех данных на первой странице.
Данные на странице ***Предмет расчета*** (описательная информация о расчете) постоянны для всех расчетов передачи (геометрия, прочность, долговечность).

Введите данные на ***Странице 1***.



Особенности ввода некоторых данных:

- **числа зубьев солнечной шестерни, сателлитов и эпицикла**;

  При вводе значений этого параметра достаточно ввести числа зубьев двух элементов передачи. Число зубьев третьего элемента будет рассчитано после нажатия кнопки ***Рассчитать число зубьев***.

  Для планетарной передачи контролируется выполнение следующих условий:

  - условие соосности: **Zs + Z1 = Z2 + Z1**;
  - условие сборки: **(Zs + Z2)/Ns = Floor((Zs + Z2)/Ns)**,

    где **Floor** - функция определения ближайшего целого, меньшего, чем аргумент;
  - условие соседства сателлитов: **(Zs + Z1)*sin(PI/Ns) > Z1+2**.

- **модуль**;

  Значения модуля стандартизованы. Чтобы выбрать модуль, нажмите кнопку ***Выбор модуля***, расположенную справа от поля ***Модуль***, и выполните необходимые действия в открывшемся окне ***Выбор модуля и исходного контура*** [22]. Значение модуля появится

в соответствующем поле ввода, информация об исходном контуре – в поле ***Исходный контур***.

- **параметры стандартного исходного контура**;

  Поля, соответствующие параметрам исходного контура,

  - ***Угол профиля зуба исходного контура***,
  - ***Коэффициента высоты головки зуба исходного контура***,
  - ***Коэффициента радиального зазора исходного контура***,
  - ***Коэффициента радиуса кривизны переходной кривой в граничной точке профиля зуба исходного контура***

  будут заполнены автоматически. Значения параметров будут зависеть от выбранного модуля и стандарта на исходный контур. Некоторые значения доступны для редактирования. Если навести курсор на поле ввода редактируемого значения, появится подсказка, в которой указан диапазон его возможных значений.

- **коэффициент смещения исходного контура**;

  Значения коэффициентов смещения могут быть введены вручную, приняты в соответствии с рекомендациями отечественных и зарубежных стандартов, а также рассчитаны в зависимости от заданного межосевого расстояния.
  Чтобы увидеть значения коэффициентов смещения, рекомендованные стандартами, или рассчитать коэффициенты, нажмите кнопку . Откроется диалог ***Расчет коэффициентов смещения*** 253, в котором потребуется выполнить ряд действий.

- **диаметр ролика (шарика)**;

  Для контроля толщины зуба у прямозубых колес используются ролики, а у косозубых - шарики (т.к. контакт ролика с противоположными сторонами впадины происходит не по параллельным линиям и ролик будет качаться).
  По умолчанию в полях ввода отображается рекомендованное значение диаметра. Чтобы выбрать другой диаметр, нажмите кнопку ***Подбор диаметра***, расположенную справа от полей ***Диаметр измерительного ролика (шарика)***. Порядок работы при этом будет таким же, как и при выборе диаметра 378 измерительного ролика (шарика) для цилиндрической шестерни внешнего зацепления.
  Чтобы вернуться к рекомендованному значению, нажмите клавишу ***<F10>***.

- **тип зуборезного инструмента**;

  Выбор типа зуборезного инструмента осуществляется из раскрывающегося списка возможных значений.

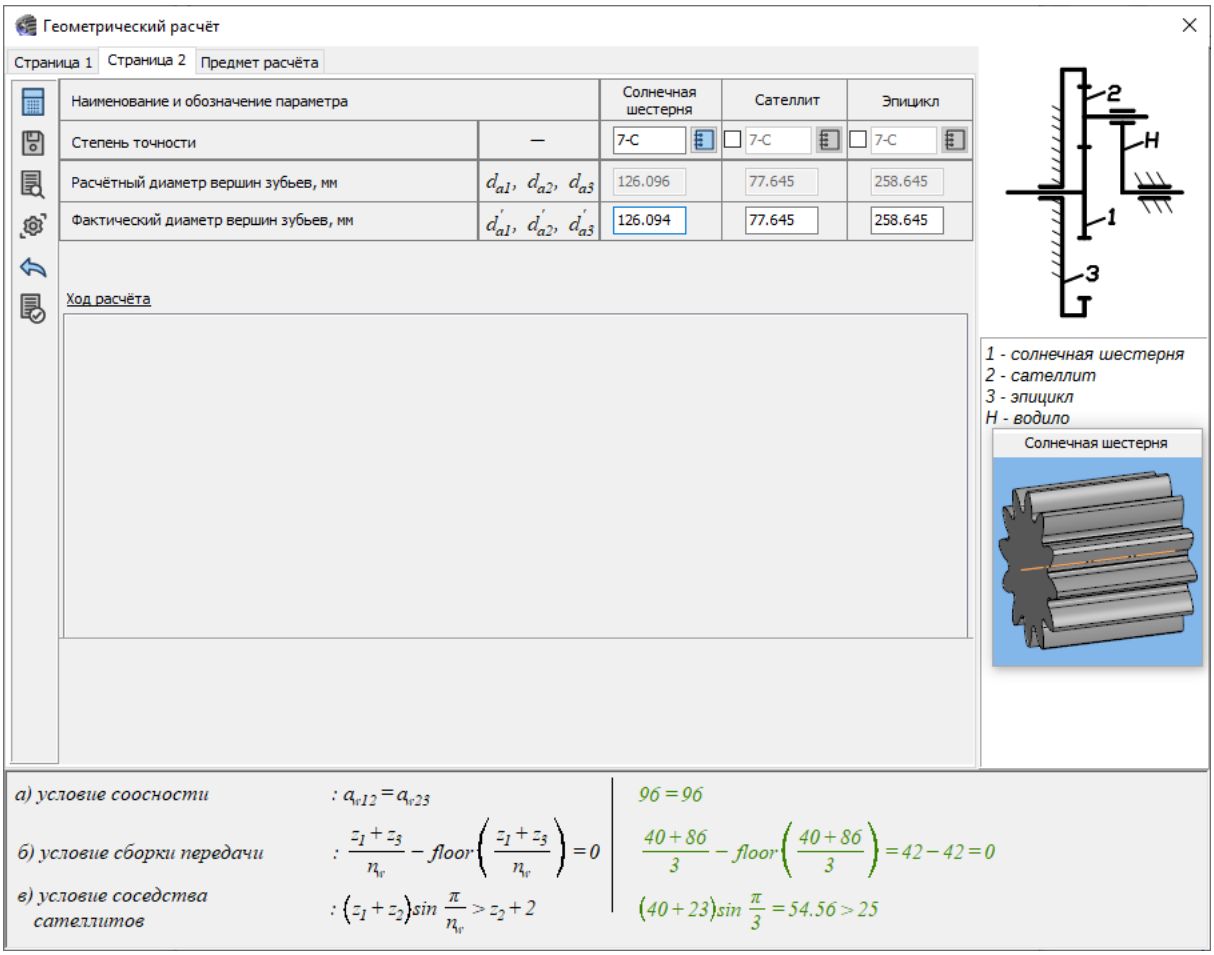
  При проектировании косозубых передач имейте в виду, что фреза-улитка, выбранная в качестве зуборезного инструмента для эпицикла, обеспечит практически любой угол наклона зубьев. Долбяк обеспечит угол наклона зубьев примерно 15 и 23 градуса.
  Подробная информация об изготовлении зубчатых колес внутреннего зацепления приведена в книге *Производство зубчатых колес: Справочник / С.Н. Калашников, А.С. Калашников, Г.И. Коган и др.; Под общ. ред Б. А. Тайца. - М.:Машиностроение, 1990* (Глава 7).

  В случае выбора вариантов ***долбяк*** (для солнечной шестерни, сателлита и эпицикла), ***червячная фреза*** (для солнечной шестерни и сателлита), ***дисковая фреза*** (для солнечной шестерни и сателлита) потребуется выбрать параметры зуборезного инструмента.

параметры зуборезного инструмента.

Выбор параметров зуборезного инструмента (долбяка 369, червячной фрезы 372, дисковой фрезы 375) осуществляется в специальных диалогах, которые открываются после нажатия кнопки  ***Выбор (тип инструмента)***.

Введите данные на ***Странице 2***.



Особенности ввода степеней точности.

Крупномодульные передачи.

При назначении степени точности крупномодульных цилиндрических зубчатых передач необходимо руководствоваться следующими положениями.

1. Согласно ГОСТ 1643-81 «Основные нормы взаимозаменяемости. Передачи зубчатые цилиндрические. Допуски» для цилиндрических зубчатых передач внешнего и внутреннего зацепления с прямозубыми, косозубыми и шевронными зубчатыми колесами устанавливаются двенадцать степеней точности зубчатых колес и передач, обозначаемых в порядке убывания точности цифрами **1**, **2**, **3**, **4**, **5**, **6**, **7**, **8**, **9**, **10**, **11**, **12**.
2. Для каждой степени точности устанавливаются нормы кинематической точности, плавности работы и контакта зубчатых колес в передаче.

3. Допускается комбинирование различных степеней точности и норм кинематической точности, плавности работы и контакта зубчатых колес.

   При комбинировании необходимо соблюдать следующие условия:

   - нормы плавности работы могут быть точнее (не более чем на две степени точности) или грубее (не более чем на одну степень точности) норм кинематической точности;
   - нормы контакта зубчатых колес могут назначаться по любым более точным степеням, а также на одну степень грубее, чем нормы плавности работы зубчатых колес и передач.

4. Устанавливаются шесть видов сопряжений зубчатых колес – **A**, **B**, **C**, **D**, **E**, **H** и восемь видов допуска на боковой зазор – **x**, **y**, **z**, **a**, **b**, **c**, **d**, **h**. Значения приведены в порядке убывания величины бокового зазора и допуска на него.

   Виды сопряжений зубчатых колес в передаче в зависимости от степени точности по нормам плавности работы приведены в таблице.

Вид сопряжений	A	B	C	D	E	H
Степень точности по нормам плавности работы	3 – 12	3 – 11	3 – 9	3 – 8	3 – 7	3 – 7

5. Видам сопряжений **A**, **B**, **C**, **D** соответствуют виды допуска на боковой зазор **a**, **b**, **c**, **d** соответственно, а видам сопряжений **H** и **E** – вид допуска на боковой зазор **h**.

   Соответствие между видом сопряжений зубчатых колес в передаче и видом допуска на боковой зазор можно изменять; также могут быть использованы виды допусков **x**, **y**, **z**.

6. Точность изготовления зубчатых колес и передач задается степенью точности, а требования к боковому зазору – видом сопряжения по нормам бокового зазора.

Примеры условного обозначения точности цилиндрической передачи:

7 – C

Такая запись означает, что зубчатая передача имеет степень точности **7** по всем трем нормам (кинематическая точность, норма плавности работы и норма контакта), вид сопряжения - **C** и вид допуска на боковой зазор - **c**.

8 – 7 – 6 – Ba

Такая запись означает, что зубчатая передача по норме кинематической точности имеет степень точности **8**, по норме плавности работы – **7**, по норме контакта – **6**. Вид сопряжения зубчатых колес — **B**, вид допуска на боковой зазор – **a**.

Мелкомодульные передачи.

При назначении степени точности мелкомодульных цилиндрических зубчатых передач необходимо руководствоваться следующими положениями.

1. Согласно ГОСТ 9178-81 «Основные нормы взаимозаменяемости. Передачи зубчатые цилиндрические мелкомодульные» для цилиндрических зубчатых передач внешнего и внутреннего зацепления с прямозубыми и косозубыми зубчатыми колесами с модулем от 0,1 до 1,0 (исключительно) устанавливаются двенадцать степеней точности зубчатых колес и передач, обозначаемых в порядке убывания точности цифрами **1**, **2**, **3**, **4**, **5**, **6**, **7**, **8**, **9**, **10**, **11**, **12**.

2. Для каждой степени точности устанавливаются нормы кинематической точности, плавности работы и контакта зубчатых колес в передаче.
3. Допускается комбинирование различных степеней точности и норм кинематической точности, плавности работы и контакта зубчатых колес.

   При комбинировании необходимо соблюдать следующие условия:
   - нормы плавности работы могут быть на одну степень точности точнее или грубее норм кинематической точности;
   - нормы контакта зубчатых колес могут назначаться по любым более точным степеням, а также на одну степень грубее, чем нормы плавности работы зубчатых колес и передач.
4. Для передач с нерегулируемым или регулируемым расположением осей устанавливается пять видов сопряжений зубчатых колес – **D**, **E**, **F**, **G**, **H** и четыре вида допуска на боковой зазор – **e**, **f**, **g**, **h**. Значения приведены в порядке убывания величины бокового зазора и допуска на него.

   Виды сопряжений зубчатых колес в передаче в зависимости от степени точности по нормам плавности работы приведены в таблице.

Вид сопряжений	**D**		**E**		**F**	**G**	**H**
Модуль m, мм	от 0,1 до 0,5	св. 0,5 до <1,0	от 0,1 до 0,5	св. 0,5 до 1,0	от 0,5 до <1,0		
Степень точности по нормам плавности работы	3 – 10	3 – 12	3 – 10	3 – 12	3 – 10	3 – 8	3 – 7

Примечание. Для зубчатых колес с модулем m <= 0,3 мм, подлежащих изготовлению полнопрофильным инструментом, и зубчатых колес с модулем m < 0,2 мм, подлежащих изготовлению инструментом с c_{ε} открытым профилем, должна производиться проверка коэффициента перекрытия .

5. Видам сопряжений **D** и **E** соответствует вид допуска на боковой зазор **e**, а видам сопряжения **F**, **G**, **H –** виды допусков **f**, **g**, **h** соответственно.

   Соответствие между видом сопряжений зубчатых колес в передаче и видом допуска на боковой зазор можно изменять; также могут быть использованы виды допусков **x**, **y**, **z**.

   Соответствие между видом сопряжений зубчатых колес в передаче и видом допуска на боковой зазор можно изменять.
6. Точность изготовления зубчатых колес и передач задается степенью точности, а требования к боковому зазору – видом сопряжения по нормам бокового зазора.

Примеры условного обозначения точности цилиндрической передачи:

7 – G

Такая запись означает, что зубчатая передача имеет степень точности **7** по всем трем нормам (кинематическая точность, норма плавности работы и норма контакта), вид сопряжения - **G** и вид допуска на боковой зазор - **g**.

7 – 8 – 8 – Gf

Такая запись означает, что зубчатая передача по норме кинематической точности имеет степень точности **7**, по норме плавности работы – **8**, по норме контакта – **8**. Вид сопряжения зубчатых колес — **G**, вид допуска на боковой зазор – **f**.

Чтобы для сателлита и/или эпицикла назначить степени точности, отличные от солнечной шестерни, включите опции, расположенные слева от полей ввода степеней точности сателлита и эпицикла.

- **Фактический диаметр вершин зубьев**.

  Фактический диаметр вершин зубьев может быть равен, меньше или больше номинального (расчетного) диаметра. При этом:

  - для солнечной шестерни и сателлитов максимальный фактический диаметр может быть больше номинального на величину, рассчитанную по формуле 2 * (c - 0,1) * m_n;
  - для эпицикла минимальный фактический диаметр может быть меньше номинального на величину, рассчитанную по формуле 2 * (c - 0,1) * m_n.

  Увеличенный диаметр солнечной шестерни и (или) сателлитов и уменьшенный диаметр эпицикла позволяет увеличить коэффициент перекрытия. При этом нужно контролировать критерии качества зацепления – интерференцию и заострение зубьев.

Для управления расчетом и данными используйте кнопки инструментальной панели.

Во время выполнения расчета происходит диагностика рассчитываемой передачи по различным критериям и показателям. Результаты диагностики отображаются в области ***Ход расчета***. Если диагностируемые параметры удовлетворительны, результаты диагностики выделены зеленым цветом. Если неудовлетворительны – красным.
Чтобы получить информационное сообщение с рекомендациями по исправлению ошибок, наведите курсор мыши на неудовлетворительный результат диагностики. В сообщениях используется специальная терминология 10.
Основной вывод по итогам диагностики передачи приведен в нижней части окна.

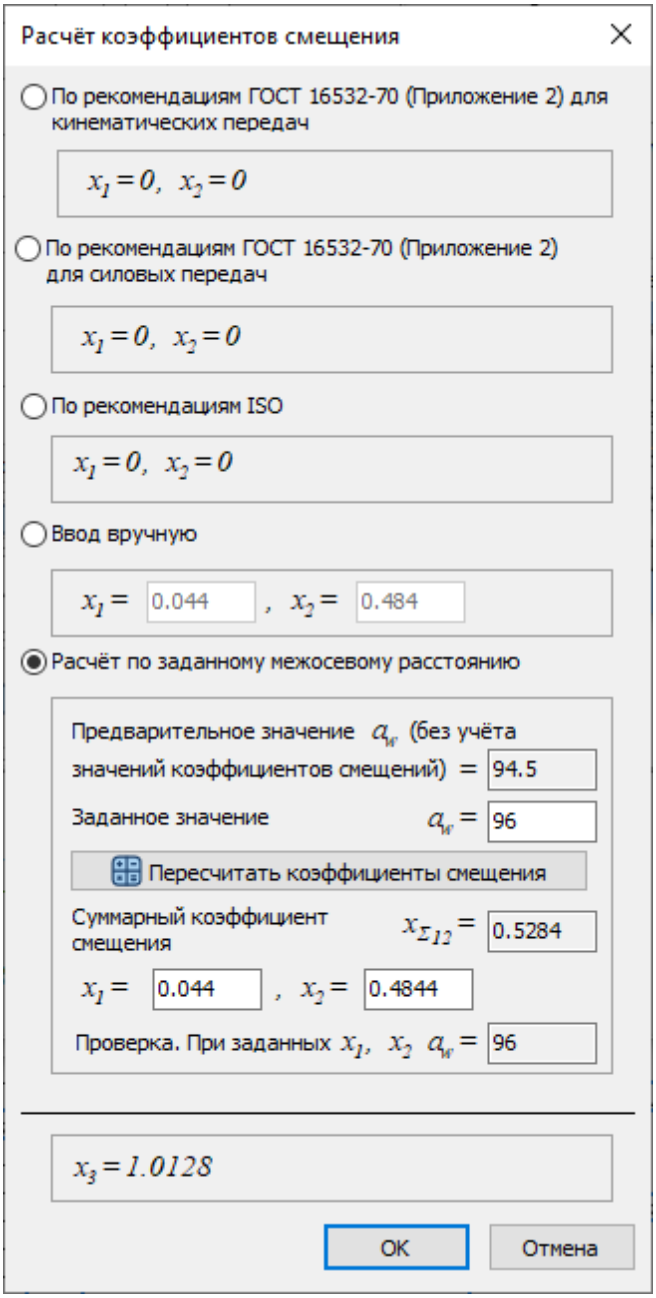
После выполнения расчета передачи можно визуализировать работу 380 зубчатого зацепления. Для этого нажмите на панели инструментов кнопку  ***Визуализация зацепления*** и выполните необходимые действия в открывшемся окне.



Для зубчатого колеса, спроектированного с нарушением показателей качества зацепления, могут возникнуть сложности при генерации 3D-модели.

Расчет коэффициентов смещения

Выбор коэффициентов смещения исходного контура для планетарной передачи осуществляется в специальном диалоге, который открывается после нажатия кнопки ***Расчет коэффициентов смещения***, расположенной в окне ***Геометрический расчет*** 247 под полями ввода значения параметра ***Коэффициент смещения исходного контура***.



Вы можете:

- принять значения коэффициентов смещения, рекомендованные отечественными или зарубежными стандартами – для этого выберите один из вариантов:
  – ***По рекомендациям ГОСТ 16532-70 (Приложение 2) для кинематических передач***;
  – ***По рекомендациям ГОСТ 16532-70 (Приложение 2) для силовых передач***;
  – ***По рекомендациям ISO***;
- ввести коэффициенты вручную – для этого выберите вариант ***Ввод вручную*** и введите значения коэффициентов в поля ***x1*** и ***x2***;
- рассчитать коэффициенты смещения в зависимости от заданного межосевого расстояния – для этого выберите вариант ***Расчет по заданному межосевому расстоянию*** и выполните действия, описанные ниже.

Расчет коэффициентов смещения по заданному межосевому расстоянию

1. В поле ***Заданное значение*** a_w введите значение межосевого расстояния, которое необходимо обеспечить путем смещения исходного контура при изготовлении зубчатых колес. В поле ***Предварительное значение*** a_w приведено значение межосевого расстояния, которое получится, если зубчатые колеса будут изготовлены без смещения.
2. Нажмите кнопку ***Пересчитать коэффициенты смещения***. В соответствующих полях появятся значения коэффициентов смещения ***x1*** и ***x2*** , а также суммарный коэффициент смещения. Значение коэффициента смещения ***x3*** будет отображено в нижней части окна. Кроме того, будет проверено, обеспечивают ли рассчитанные коэффициенты смещения заданное межосевое расстояние.

После определения значений коэффициентов смещения ***x1*** и ***x2*** в нижней части окна появится значение ***x3***.

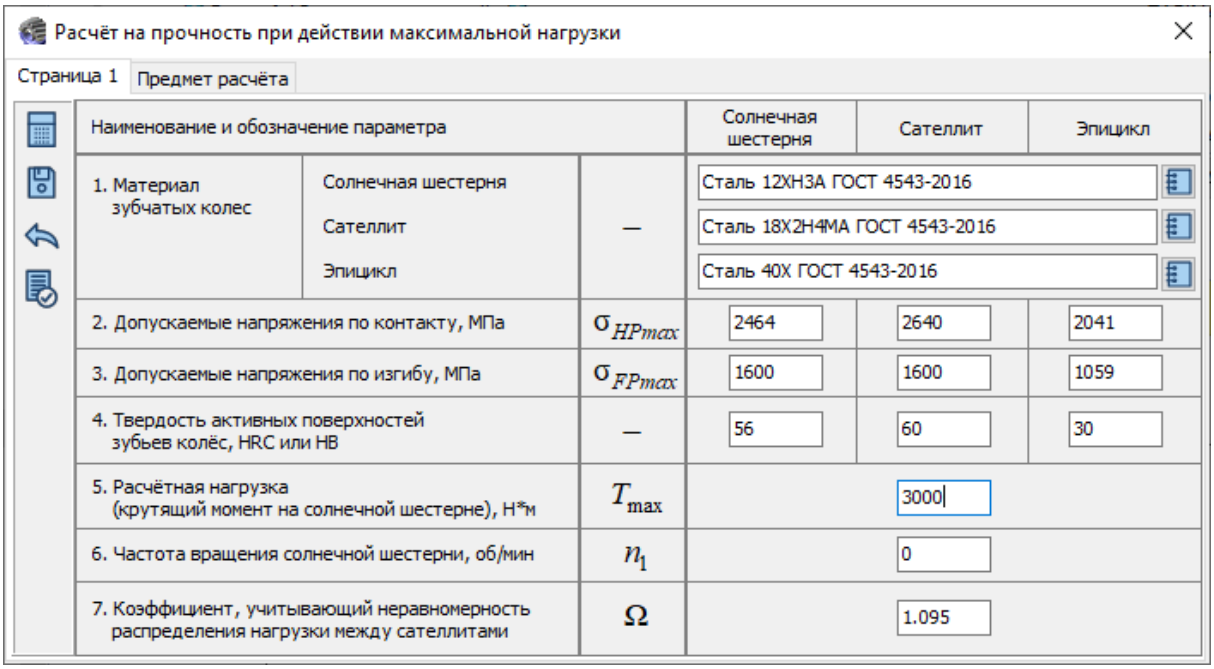
Как только коэффициенты смещения будут выбраны или рассчитаны, нажмите кнопку ***ОК***, значения коэффициентов появятся в окне ***Геометрический расчет*** в полях ввода параметра ***Коэффициент смещения исходного контура***.

Расчет на прочность

Цель проведения расчета планетарной передачи Джеймса с одновенцовыми сателлитами на прочность – определение коэффициентов запаса по контактным напряжениям и напряжениям изгиба.
Расчет на прочность при действии максимальной нагрузки выполняется по ГОСТ 21354-87 «Передачи зубчатые цилиндрические эвольвентные внешнего зацепления. Расчет на прочность».

Поля ввода исходных данных располагаются на ***Странице 1***. Данные на странице ***Предмет расчета*** (описательная информация о расчете) постоянны для всех расчетов передачи (геометрия, прочность, долговечность).

Введите исходные данные на ***Странице 1***.



Особенности ввода некоторых данных:

- **материал зубчатых колес**;

  Введите значение вручную или нажмите кнопку ***Выбор материала***. Загрузится *Модуль выбора материалов*, с помощью которого вы сможете выбрать материал зубчатого колеса и определить механические свойства этого материала.

- **допускаемые напряжения по контакту** $\sigma_{HP\,max}$;

  Значение определяется автоматически, если материал был выбран из *Модуля материалов*.

  Для зубьев, подвергнутых нормализации, улучшению или закалке:

  $$\sigma_{HP\,max} = 2{,}8\sigma_T,$$

  где σ_T - предел текучести материала при растяжении, МПа.

  Для зубьев цементованных:

  $$\sigma_{HP\,max} = 40H_{HRC},$$

  где H_{HRC} - твердость поверхности зуба в единицах Роквелла.

  Для зубьев азотированных:

  $$\sigma_{HP\,max} = 3H_{HV},$$

  где H_{HV} - твердость поверхности зуба в единицах Виккерса.

- **допускаемые напряжения по изгибу** σ_{FPM};

  Значение определяется автоматически, если материал был выбран из *Модуля материалов*.

  Для легированных и углеродистых сталей при нормализации или улучшении:

$$\sigma_{FPM} = \frac{\sigma_{F lim M}}{S_{FM}} = \frac{4,8 H_{HB}}{1,75},$$

где H_{HB} - твердость поверхности зуба в единицах Бринелля.

Для легированных сталей, содержащих никель более 1%, при цементации:

$$\sigma_{FPM} = \frac{\sigma_{F lim M}}{S_{FM}} = \frac{2650}{1,75} = 1514,3 МПа$$

- **твердость активных поверхностей зубьев**;

  Значение определяется автоматически, если выбор материала был осуществлен из *Модуля материалов*.

- **расчетная нагрузка**.

  Задается на ведущем колесе.

Для управления данными и расчетом используйте кнопки инструментальной панели.

После выполнения расчета его результаты будут представлены в виде отчета и показаны в окне ***Результаты расчета***.

Расчет на долговечность

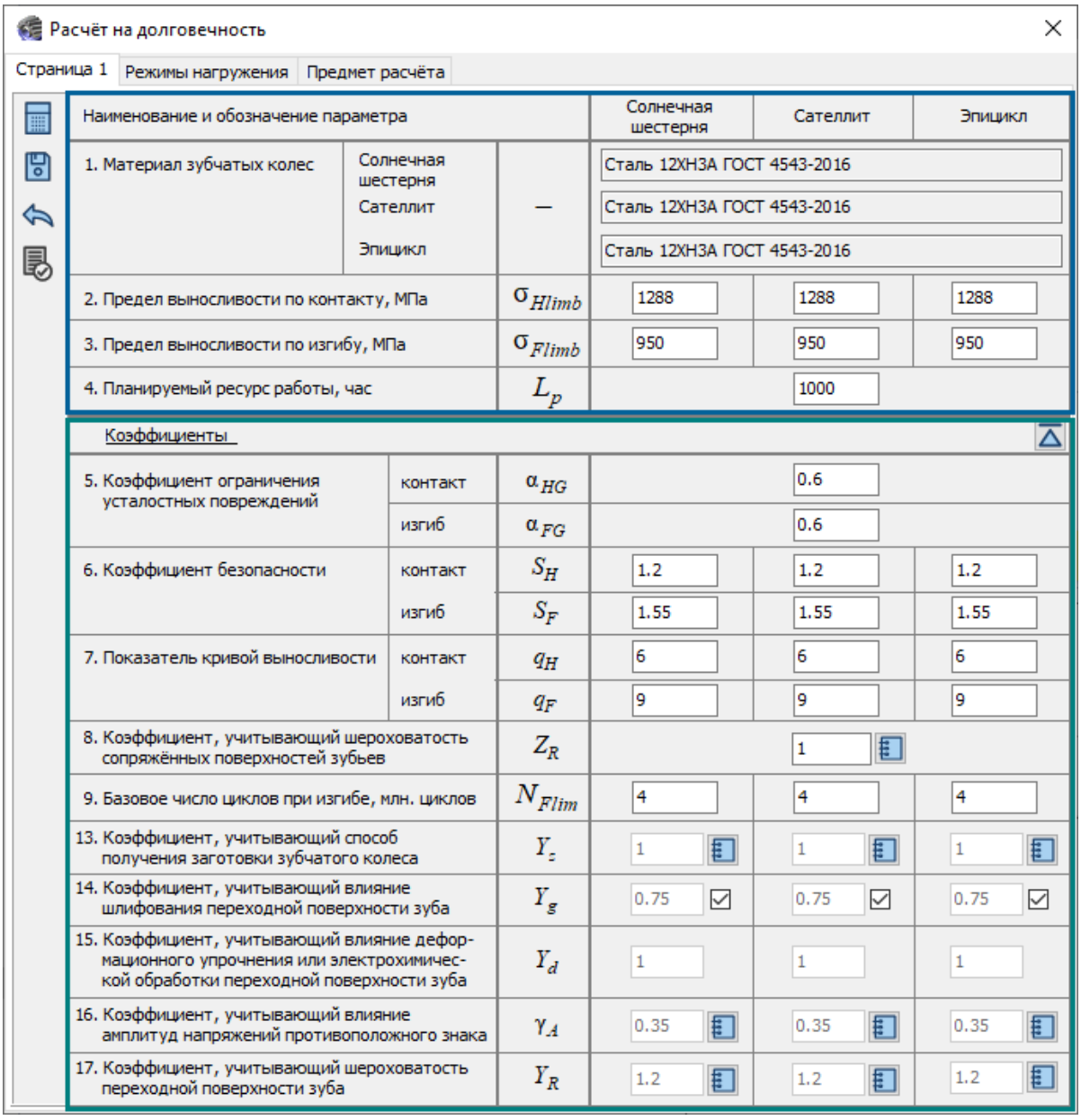
Цель проведения расчета планетарной передачи Джеймса с одновенцовыми сателлитами на выносливость – определение контактной долговечности и долговечности при изгибе (т.е. определяется ресурс в часах, а также эквивалентные контактные и изгибные напряжения). Расчет производится по методу эквивалентных напряжений.

Поля ввода исходных данных располагаются на двух страницах. Данные на странице ***Предмет расчета*** (описательная информация о расчете) постоянны для всех расчетов передачи (геометрия, прочность, долговечность).

Введите данные на ***Странице 1***. Страница условно разделена на две области (панели):

- ***Параметры*** – предназначена для ввода значений параметров, необходимых для расчета;
- ***Коэффициенты*** – предназначена для ввода значений коэффициентов.

Панель ***Коэффициенты*** может быть скрыта. Чтобы раскрыть ее, щелкните мышью по названию панели ***Коэффициенты*** или нажмите кнопку ***Показать панель с коэффициентами***. Повторный щелчок мышью по названию панели или нажатие кнопки ***Скрыть панель с коэффициентами*** приведет к тому, что панель ***Коэффициенты*** будет скрыта.



Особенности ввода некоторых данных на первой странице:

- **предел выносливости по контакту** $\sigma_{H lim b}$;

  Значение определяется автоматически, если материала был выбран из *Модуля материалов*.

  При НВ < 350, нормализации или улучшении:

  $$\sigma_{H lim b} = 2 H_{HB} + 70$$

  При *HRC* > *56*, цементации или нитроцементации:

  $$\sigma_{H lim b} = 23 H_{HRC}$$

- **предел выносливости по изгибу** $\sigma^{o}_{f lim b}$;

Значение определяется автоматически, если материала был выбран из *Модуля материалов*.

Предел выносливости по изгибу, соответствующий базовому числу циклов перемены напряжений, принимается по таблице ГОСТ 21354-87 в зависимости от марки материала и вида термообработки.

- **коэффициент ограничения усталостных повреждений по контакту и изгибу**;

Значение определяется автоматически, если материала был выбран из *Модуля материалов*. По умолчанию 0,6. При необходимости значение коэффициента можно изменить. Диапазон возможных значений – 0,6…0,75.

- **коэффициент запаса прочности (безопасности) по контакту SH**;

Значение определяется автоматически, если материала был выбран из *Модуля материалов*.
Для зубчатых колес с однородной структурой материала ***SH=1,1***. Для зубчатых колес с поверхностным упрочнением ***SH=1,2***.
Для передач, выход из строя которых связан с тяжелыми последствиями, рекомендуется приведенные значения увеличивать до ***1,25*** и ***1,35*** соответственно.

- **коэффициент запаса прочности (безопасности) по изгибу SF**;

Значение определяется автоматически, если материала был выбран из *Модуля материалов*.

Коэффициент учитывает нестабильность свойств материала зубчатых колес и ответственность зубчатой передачи. Выбирается в зависимости от марки материала, способа термической и химико-термической обработки и заданной вероятности неразрушения по таблице ГОСТ 21354-87.

Так для сталей 18ХГТ, 12Х2Н4А, 20Х2Н4А, 12ХН3А, 20ХН3А, 30ХН3А (цементация) – ***SF=1,55***, а для сталей 38ХС, 45Х, 45 (нормализация, улучшение) – ***SF=1,75***.

- **показатель кривой выносливости qH**;

Значение определяется автоматически, если материала был выбран из *Модуля материалов*.

Начальные значения принимаются:

по контакту - ***qH =6***,
по изгибу - ***qF =6*** – для колес с твердостью поверхности зубьев НВ < 350, а также для колес, закаленных при нагреве ТВЧ с обрывом закаленного слоя у переходной поверхности, и зубчатых колес со шлифованной переходной поверхностью независимо от твердости и термообработки;
qF =9 – для колес с нешлифованной переходной поверхностью при твердости поверхности зубьев НВ > 350 и чугунных колес.

- **коэффициент, учитывающий шероховатость сопряженных поверхностей зубьев**;

Определяется по тому из сопряженных колес, зубья которого имеют более грубые поверхности, т.е. в зависимости от класса шероховатости поверхности. Для ввода значений нажмите кнопку  ***Выбор коэффициента*** и дважды щелкните мышью по нужной строке в открывшейся таблице.

По умолчанию задается 1,0.

- **базовое число циклов при изгибе**;

  По умолчанию задается **NFO= 4** млн.циклов.

- **коэффициент, учитывающий способ получения заготовки зубчатого колеса**;

  Для ввода значений нажмите кнопку ***Выбор коэффициента*** и дважды щелкните мышью по нужной строке в открывшейся таблице.

- **коэффициент, учитывающий влияние шлифования переходной поверхности зуба**;

  Чтобы учитывать этот коэффициент для шестерни и (или) колеса, включите опции, расположенные справа от полей ввода.

  Значения коэффициента задаются в зависимости от способа термической или химико-термической обработки по таблицам, приведенным в ГОСТ 21354-87 «Передачи зубчатые цилиндрические эвольвентные внешнего зацепления. Расчет на прочность». Для зубчатых колес с нешлифованной переходной поверхностью зубьев коэффициент принимается равным 1, со шлифованной переходной поверхностью – 0,75.

- **коэффициент, учитывающий влияние деформационного упрочнения или электрохимической обработки переходной поверхности зуба**;

  Значения коэффициента задаются в зависимости от способа термической или химико-термической обработки по таблицам, приведенным в ГОСТ 21354-87 «Передачи зубчатые цилиндрические эвольвентные внешнего зацепления. Расчет на прочность». Для зубчатых колес без деформационного упрочнения или электрохимической обработки переходной поверхности коэффициент принимается равными 1.

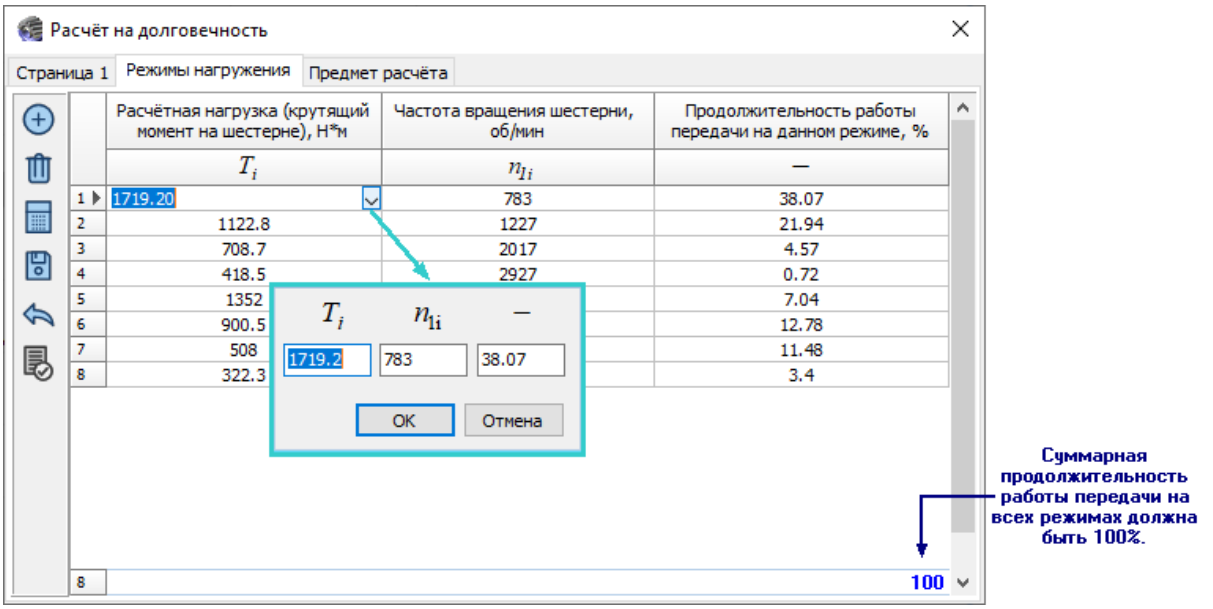
- **коэффициент, учитывающий влияние амплитуд напряжений противоположного знака**;

  Если элементы передачи испытывают знакопеременную нагрузку, то при расчете необходимо ввести коэффициент, значение которого определяется автоматически, в зависимости от свойств материала. Для ввода значений коэффициента нажмите кнопку ***Выбор коэффициента*** и дважды щелкните мышью по нужной строке в открывшейся таблице.

- **коэффициент, учитывающий шероховатость переходной поверхности зуба**.

  Для ввода значений коэффициента нажмите кнопку ***Выбор коэффициента*** и дважды щелкните мышью по нужной строке в открывшейся таблице.

Введите данные на странице ***Режимы нагружения***.



Для управления списком режимов нагружения используйте кнопки панели инструментов.
Чтобы ввести или отредактировать значения параметров режима нагружения, выделите нужную строку и щелкните левой клавишей мыши в ячейке с любым параметром. В правой части ячейки появится кнопка с треугольником. Нажмите ее и введите значения параметров режима нагружения в открывшемся окне.

Для управления расчетом и данными используйте кнопки инструментальной панели.

После выполнения расчета его результаты будут представлены в виде отчета и показаны в окне ***Результаты расчета***.

В ряде случаев в отчете с результатами расчета могут отображаться значения ресурса по контакту и изгибу равные «999999». Это означает, что ресурс передачи практически бесконечен. Как правило, такой результат является следствием несущественных значений эквивалентных напряжений. Подробная информация о коэффициентах ограничения усталостных повреждений содержится в ГОСТ 21354-87 на странице 66 (Приложение 3 «Методы учета нагрузок, изменяющихся во времени», пункт 3 «Метод эквивалентных напряжений»).

Передачи Новикова

Средствами модуля *КОМПАС-GEARS* могут быть выполнены расчеты передачи Новикова с двумя линиями зацепления цилиндрической внешнего зацепления.
Расчеты основаны на методиках, изложенных в монографии «Зубчатые передачи Новикова. Достижения и развитие», авторы Короткин В.И., Онишков Н.П., Харитонов Ю.Д. В процессе разработки большую консультативную помощь оказал один из авторов Короткин Виктор Ильич.

Расчеты выполняются последовательно:

- геометрический 262;
- прочностной 271;

- на долговечность 274.



Если предстоит рассчитать модель элемента механической передачи, уже созданную в системе *Валы и механические передачи 2D*, геометрические параметры этого элемента будут автоматически переданы в *Модуль расчетов механических передач*.

Линейные размеры задаются в миллиметрах, а угловые - в градусах, минутах, секундах.

Исходные данные для расчета могут быть сохранены в файле формата **.gear_nov_dat*. Это можно делать с помощью команд строки меню ***Исходные данные*** 365 или непосредственно при выполнении расчетов. В дальнейшем сохраненные данные можно будет загружать для расчета в модуль *КОМПАС-GEARS*.

Чтобы приступить к выполнению расчета, нажмите в окне ***Передача Новикова с двумя линиями зацепления цилиндрическая внешнего зацепления*** кнопку, соответствующую виду расчета.

Внимание! Расчеты могут быть произведены, если на компьютере установлен Дополнительный комплект 9 системы *Валы и механические передачи 2D*.

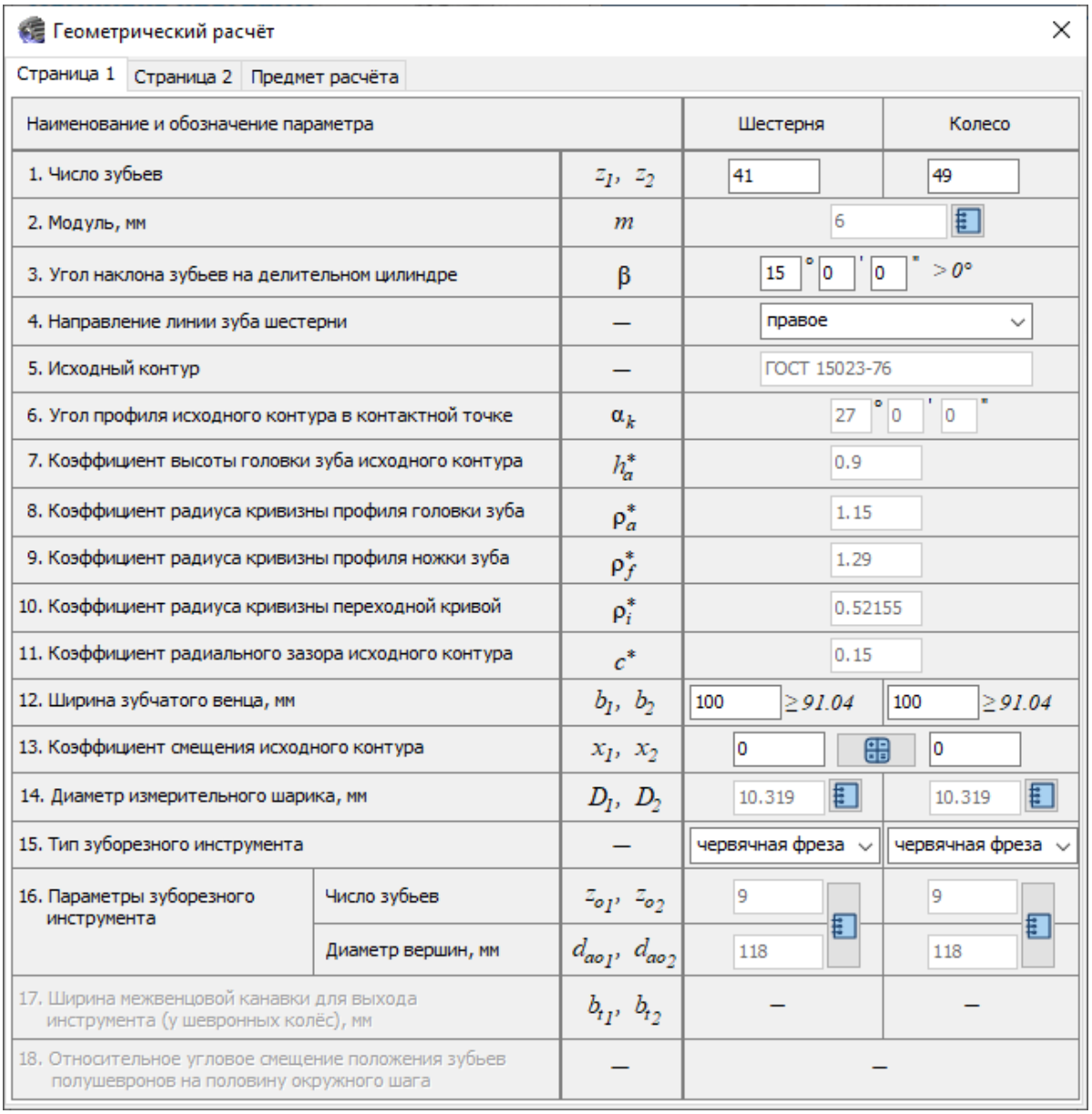
Геометрический расчет

Целями выполнения геометрического расчета передачи Новикова с двумя линиями зацепления являются:

- определение основных геометрических параметров зубчатых колес и размеров для контроля;
- проверка качества зацепления по геометрическим показателям.

Поля ввода исходных данных располагаются на двух страницах. Переход на вторую страницу и выполнение расчета возможно только после ввода всех данных на первой странице. Данные на странице ***Предмет расчета*** содержат описательную информацию и постоянны для всех расчетов передачи.

Введите данные на ***Странице 1***.



Особенности ввода некоторых данных:

- **модуль**;

  Значения модуля стандартизованы. Чтобы выбрать модуль, нажмите кнопку ***Выбор модуля***, расположенную справа от поля ***Модуль***, и выполните необходимые действия в открывшемся окне ***Выбор модуля и исходного контура***[267]. Значение модуля появится в соответствующем поле ввода, информация об исходном контуре – в поле ***Исходный контур***.

- **направление линии зуба шестерни**;

  Возможные варианты: **правое**, **левое**, **шевронное справа налево** и **шевронное слева направо** (для шевронных колес).
  Внешний вид колеса с выбранным направлением линии зуба будет показан справа от поля выбора значения параметра.

  Помните, если указанное направление линии зуба шестерни будет противоречить данным об угле наклона зубьев, переход на ***Страницу 2*** для продолжения расчета будет **НЕВОЗМОЖЕН!**

- **параметры стандартного исходного контура**;

  Поля, соответствующие параметрам исходного контура, будут заполнены автоматически. Значения параметров будут зависеть от выбранного модуля и стандарта на исходный контур.

- **коэффициент смещения исходного контура**;

  Коэффициент может быть рассчитан 269 по специальным методикам. Чтобы выполнить расчет, нажмите кнопку .

- **диаметр измерительного шарика**;
  По умолчанию в полях ввода отображается рекомендованное значение диаметра. Чтобы выбрать 378 другой диаметр, нажмите кнопку ***Подбор диаметра***, расположенную справа от полей ***Диаметр измерительного шарика***.
  Чтобы вернуться к рекомендованному значению, нажмите клавишу ***<F10>***.

- **тип зуборезного инструмента**;

  Выбор типа зуборезного инструмента происходит из раскрывающегося списка возможных значений. Набор возможных значений зависит от значения параметра ***Направление линии зуба шестерни***. В настоящее время неизвестны случаи широкого применения дисковых фрез и долбяков, поэтому в текущей версии системы варианты ***дисковая фреза*** и ***долбяк*** недоступны для выбора.
  При выборе варианта ***червячная фреза***, потребуется выбрать параметры зуборезного инструмента.

- **параметры зуборезного инструмента**;

  Выбор параметров зуборезного инструмента (червячной фрезы 374) осуществляется в специальном диалоге, который открываются после нажатия кнопки ***Выбор (тип инструмента)***.

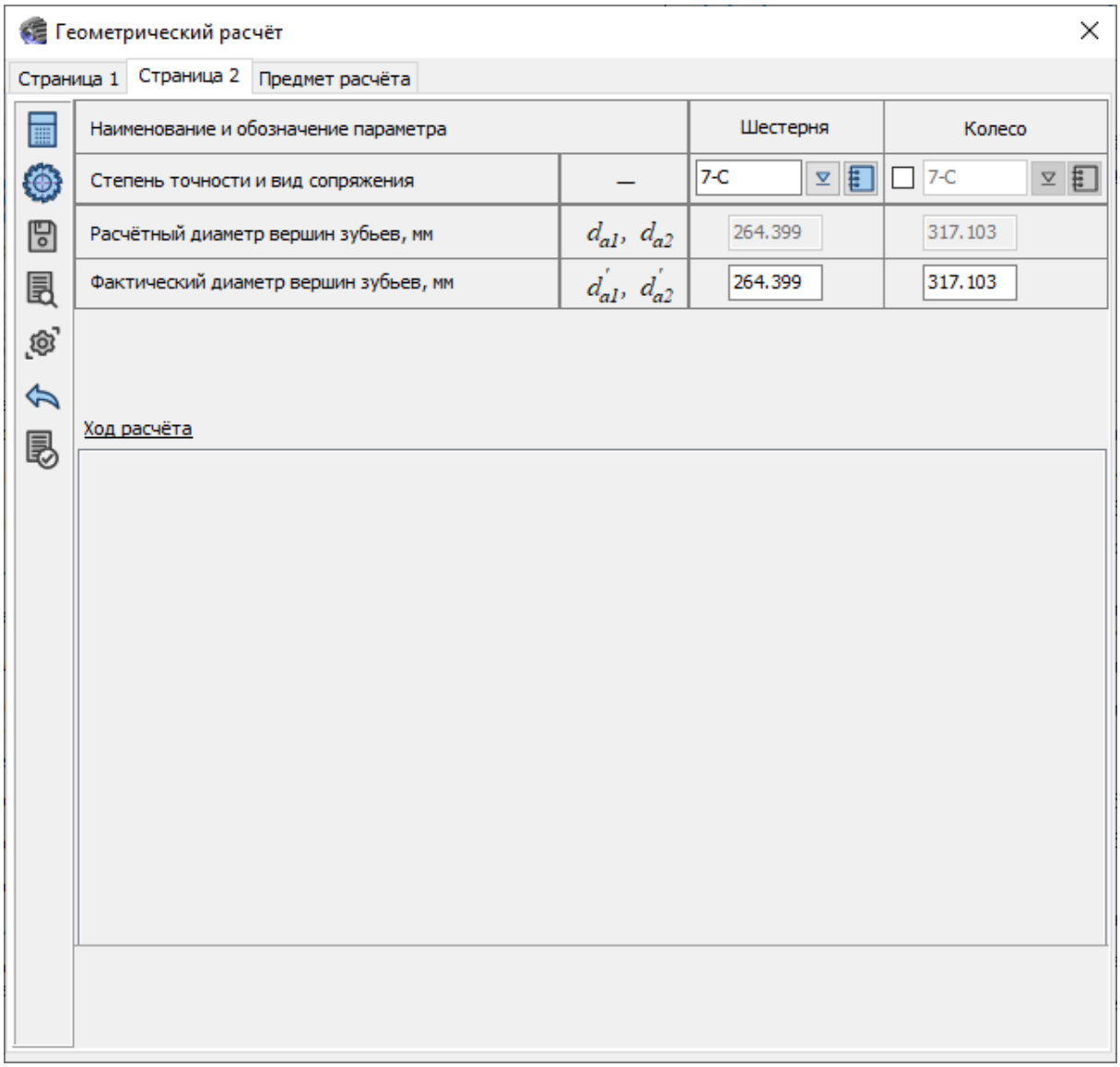
- **ширина межвенцовой канавки для выхода инструмена (у шевронных колес)**;

  При вводе ширины канавки у шевронных колес следует ориентироваться на минимально допустимое значение, отображаемое справа от поля ввода. Это значение зависит от типа зуборезного инструмента. При выборе варианта ***гребенка*** минимальная ширина канавки задается по рекомендациям, приведенными в книге Фингера М.Л. «Цилиндрические зубчатые колеса», 2005г.

- **относительное угловое смещение положения зубьев полушевронов на половину окружного шага**.

Включите опцию, чтобы выполнить угловое смещение для обеспечения плавности и снижения шума работы проектируемой передачи.

Введите данные на ***Странице 2***.



Особенности ввода некоторых данных:

- **степень точности**;

При назначении степени точности крупномодульных цилиндрических зубчатых передач необходимо руководствоваться следующими положениями.

1. Согласно ГОСТ 1643-81 «Основные нормы взаимозаменяемости. Передачи зубчатые цилиндрические. Допуски» для цилиндрических зубчатых передач внешнего и внутреннего зацепления с прямозубыми, косозубыми и шевронными зубчатыми колесами устанавливаются двенадцать степеней точности зубчатых колес и передач, обозначаемых в порядке убывания точности цифрами **1**, **2**, **3**, **4**, **5**, **6**, **7**, **8**, **9**, **10**, **11**, **12**.

2. Для каждой степени точности устанавливаются нормы кинематической точности, плавности работы и контакта зубчатых колес в передаче.
3. Допускается комбинирование различных степеней точности и норм кинематической точности, плавности работы и контакта зубчатых колес.

   При комбинировании необходимо соблюдать следующие условия:
   - нормы плавности работы могут быть точнее (не более чем на две степени точности) или грубее (не более чем на одну степень точности) норм кинематической точности;
   - нормы контакта зубчатых колес могут назначаться по любым более точным степеням, а также на одну степень грубее, чем нормы плавности работы зубчатых колес и передач.
4. Устанавливаются шесть видов сопряжений зубчатых колес – **A**, **B**, **C**, **D**, **E**, **H** и восемь видов допуска на боковой зазор – **x**, **y**, **z**, **a**, **b**, **c**, **d**, **h**. Значения приведены в порядке убывания величины бокового зазора и допуска на него.

   Виды сопряжений зубчатых колес в передаче в зависимости от степени точности по нормам плавности работы приведены в таблице.

Вид сопряжений	A	B	C	D	E	H
Степень точности по нормам плавности работы	3 – 12	3 – 11	3 – 9	3 – 8	3 – 7	3 – 7

5. Видам сопряжений **A**, **B**, **C**, **D** соответствуют виды допуска на боковой зазор **a**, **b**, **c**, **d** соответственно, а видам сопряжений **H** и **E** – вид допуска на боковой зазор **h**.

   Соответствие между видом сопряжений зубчатых колес в передаче и видом допуска на боковой зазор можно изменять; также могут быть использованы виды допусков **x**, **y**, **z**.
6. Точность изготовления зубчатых колес и передач задается степенью точности, а требования к боковому зазору – видом сопряжения по нормам бокового зазора.

Примеры условного обозначения точности цилиндрической передачи:

7 – C

Такая запись означает, что зубчатая передача имеет степень точности **7** по всем трем нормам (кинематическая точность, норма плавности работы и норма контакта), вид сопряжения - **C** и вид допуска на боковой зазор - **c**.

8 – 7 – 6 – Ba

Такая запись означает, что зубчатая передача по норме кинематической точности имеет степень точности **8**, по норме плавности работы – **7**, по норме контакта – **6**. Вид сопряжения зубчатых колес — **B**, вид допуска на боковой зазор – **a**.

чтобы для колеса назначить степень точности, отличную от шестерни, включите опцию, расположенную слева от поля ввода степени точности колеса.

- **коэффициент смещения исходного контура**;

В случае расчета ***По межосевому расстоянию*** на второй странице вводятся значения коэффициентов смещения с учетом суммарного коэффициента смещения. При этом, используя раскрывающееся меню, можно выполнить:

- расчет ***X1*** по ***X2***;

- расчет ***X2*** по ***X1***;
- расчет ***X1*** и ***X2*** из условия равнопрочности зубьев шестерни и колеса.

диаметр вершин зубьев со срезом.

Должен быть всегда равен или меньше номинального (расчетного) диаметра вершин зубьев.

Для управления исходными данными и расчетом используйте кнопки инструментальной панели.

Во время выполнения расчета происходит диагностика рассчитываемой передачи по различным критериям и показателям. Результаты диагностики отображаются в области ***Ход расчета***. Если диагностируемые параметры удовлетворительны, результаты диагностики выделены зеленым цветом. Если неудовлетворительны – красным.
Чтобы получить информационное сообщение с рекомендациями по исправлению ошибок, наведите курсор мыши на неудовлетворительный результат диагностики. В сообщениях используется специальная терминология 10.
Основной вывод по итогам диагностики передачи приведен в нижней части окна.

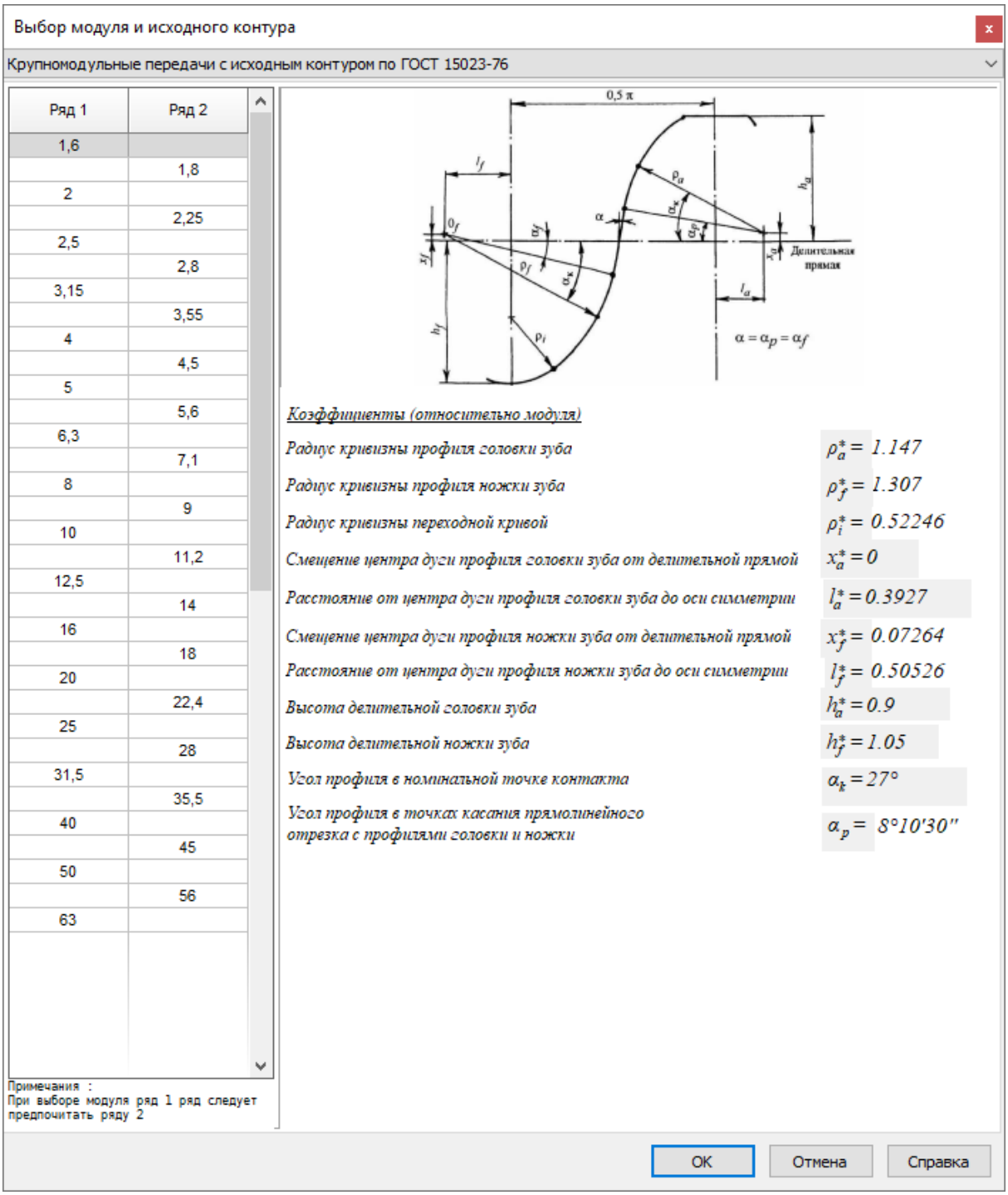
После выполнения расчета передачи можно визуализировать работу 380 зубчатого зацепления. Для этого нажмите на панели инструментов кнопку  ***Визуализация зацепления*** и выполните необходимые действия в открывшемся окне.



Для зубчатого колеса, спроектированного с нарушением показателей качества зацепления, могут возникнуть сложности при генерации 3D-модели.

Выбор модуля

Выбор модуля передачи Новикова с двумя линиями зацепления осуществляется в диалоге ***Выбор модуля и исходного контура***, который открывается после нажатия кнопки  ***Выбор модуля и исходного контура***, находящейся в окне ***Геометрический расчет***.



В верхней части окна находится раскрывающийся список, в котором перечислены варианты, доступные для выбора:

- крупномодульные передачи с исходным контуром по ГОСТ 15023-76;
- крупномодульные передачи с исходным контуром по ГОСТ 30224-96;
- нестандартный модуль.

1. Выберите из списка нужный вариант. В левой части окна будет показан список возможных значений модуля. В правой части приведены:
   - изображение исходного контура со всеми параметрами;
   - справочная информация об исходном контуре.
2. Щелчком мыши выберите значение модуля.

   Если вы раскрыли вкладку ***Нестандартный модуль***, вам потребуется ввести значение модуля в поле ***Модуль***, а также выбрать стандарт на исходный контур в списке возможных значений ***Исходный контур***.
3. Нажмите кнопку ***ОК***. Значение модуля появится в поле ***Модуль***, значения параметров исходного контура – в соответствующих полях ввода.

Выбор и расчет коэффициентов смещения

С помощью простого технологического приема – смещения относительного положения заготовки и зуборезного инструмента (**корригирования**) во время зубонарезания – можно целенаправленно влиять на большинство основных геометрических, кинематических и прочностных характеристик зубчатых передач без нарушения кинематической правильности работы зубчатого зацепления.

Относительное положение зуборезного инструмента и нарезаемого зубчатого колеса определяется **коэффициентом смещения**, который может принимать положительные значения, отрицательные значения, а также равняться нулю.

Средствами модуля КОМПАС-GEARS можно выполнить расчет коэффициентов смещения или выполнить проверку работоспособности передачи при заданных значениях коэффициентов смещения. Для этого нажмите кнопку  ***Расчет и выбор коэффициентов смещения***, расположенную возле полей ввода ***Коэффициент смещения исходного контура*** в окне ***Геометрический расчет***.
В открывшемся окне ***Расчет и выбор коэффициентов смещения*** 269 начнется построение блокирующего контура 25 рассчитываемой зубчатой передачи (сведения о блокирующем контуре приведены в разделе, который относится к описанию расчета цилиндрической зубчатой передачи внешнего зацепления).
Далее вы сможете:

- выполнить расчет параметров работоспособности передачи при коэффициентах смещения, заданных в окне Геометрический расчет 270;
- ввести произвольные значения коэффициентов смещения и выполнить расчет параметров работоспособности передачи 271.

Интерфейс окна «Расчет и выбор коэффициентов смещения»

Окно ***Расчет и выбор коэффициентов смещения*** разделено на несколько областей.

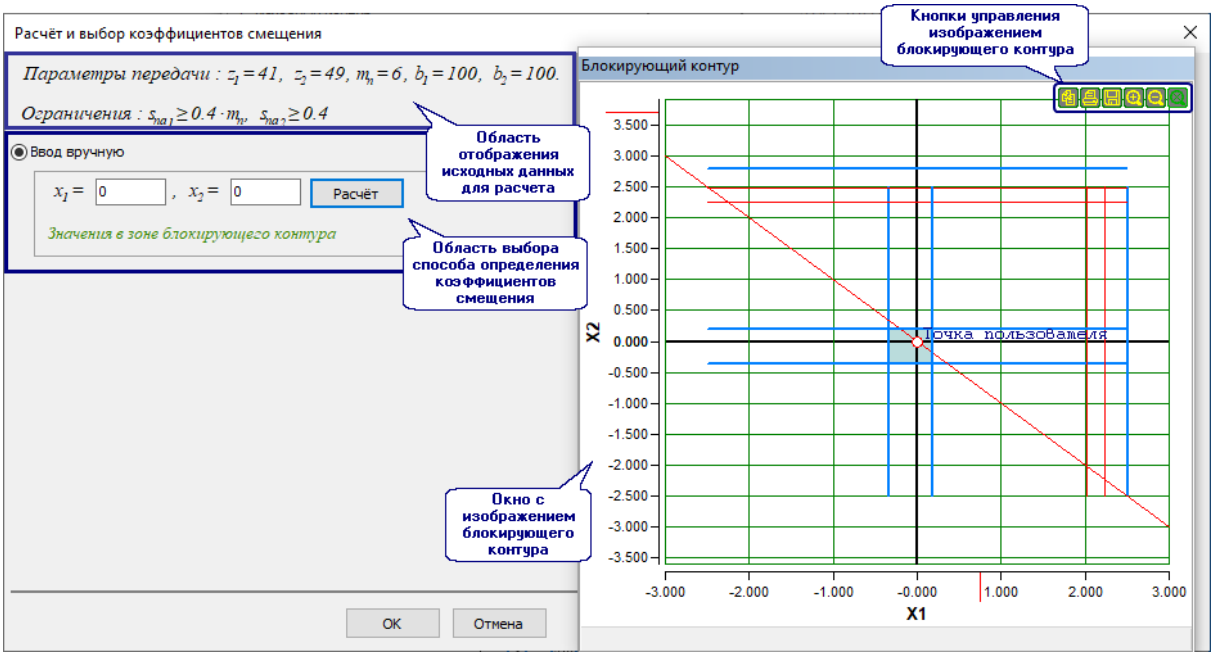
В верхней части окна находится **область отображения исходных данных**, в которой показаны:

- параметры рассчитываемой зубчатой передачи;
- рекомендованные ограничения параметров **Sna1**, **Sna2** (нормальной толщины зубьев на поверхности вершин).

Ниже находится **область выбора способа определения коэффициентов смещения**. Коэффициенты могут быть:

- приняты по рекомендации нормативных документов;
- введены вручную.

В правой части окна расположено окно с изображением **блокирующего контура** 25. Управление 27 этим окном осуществляется при помощи кнопок, расположенных в его правой верхней части. Сведения о блокирующем контуре и информация о приемах работы приведены в разделах, которые относятся к описанию расчета цилиндрической зубчатой передачи внешнего зацепления.



Расчет параметров работоспособности передачи при заданных коэффициентах смещения

Сразу после построения блокирующего контура зубчатой передачи в области выбора способа определения коэффициентов смещения в полях ввода варианта ***Ввод вручную*** появятся значения коэффициентов смещения ***X1*** и ***X2***, заданные в окне ***Геометрический расчет***.

Чтобы выполнить расчет, нажмите кнопку ***Расчет***, расположенную справа от полей ввода. Результаты расчет появятся в окне.

После выполнения расчета вы сможете воспользоваться командами вложенного меню кнопки ***Расчет***:

- ***Просмотр результатов геометрического расчета***;

  Позволяет увидеть отчет с результатами геометрического расчета.

- ***Визуализация зацепления***;

  Позволяет визуализировать 380 работу зацепления. Визуализация возможна лишь в том случае, если модуль запущен из активного документа КОМПАС-3D типа *Чертеж*.

- ***Показать точку в ДБК***.

  Позволяет отобразить точку с текущими значениями коэффициентов смещения ***X1*** и ***X2*** на блокирующем контуре.

Выбор произвольных значений коэффициентов смещения

Чтобы воспользоваться этим способом выбора коэффициентов смещения, в окне ***Расчет и выбор коэффициентов смещения*** должен быть выбран вариант ***Ввод вручную***.

Значения коэффициентов смещения могут быть:

- предварительно введены в поля ввода ***Коэффициенты смещения исходного контура*** в окне ***Геометрический расчет***;
- введены в поля ввода ***X1*** и ***X2*** вручную;
- указаны на блокирующем контуре.

После выполнения расчета можно воспользоваться командами вложенного меню кнопки ***Расчет***:

Просмотр результатов геометрического расчета;

Позволяет увидеть отчет с результатами геометрического расчета.

Визуализация зацепления;

Позволяет визуализировать 380 работу зацепления. Визуализация возможна лишь в том случае, если модуль запущен из активного документа КОМПАС-3D типа *Чертеж*.

Показать точку в ДБК.

Позволяет отобразить точку с текущими значениями коэффициентов смещения ***X1*** и ***X2*** на блокирующем контуре.

Расчет на прочность

Описание расчета 271;

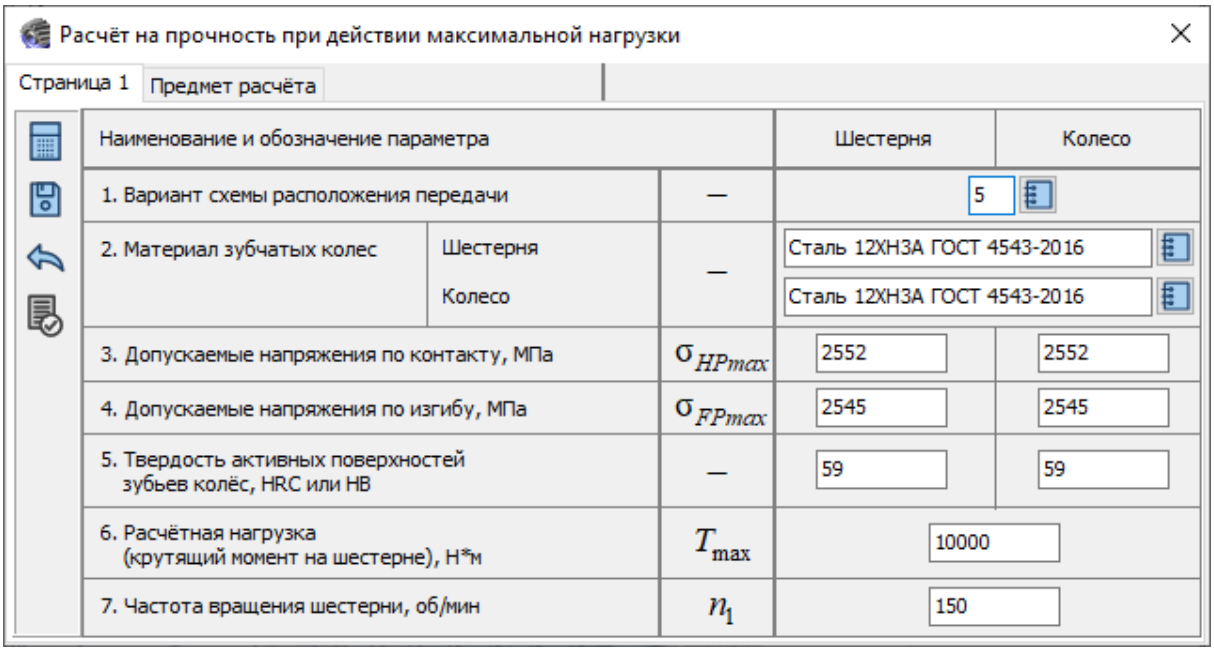
Выбор схемы расположения передачи 273.

Описание расчета

Цель выполнения расчета на прочность – определение коэффициенты запаса по контактным напряжениям и напряжениям изгиба.

Поля ввода исходных данных располагаются на одной странице. Данные на странице ***Предмет расчета*** (описательная информация о расчете) постоянны для всех расчетов передачи (геометрия, прочность).

Введите исходные данные на ***Странице 1***.



Особенности ввода некоторых данных:

- **вариант схемы расположения передачи**;

  Выбор осуществляется в специализированном диалоге[273], который открывается после нажатия кнопки .

- **материал зубчатых колес**;

  Выбор осуществляется в специализированном диалоге, который открывается после нажатия кнопки .

  Введите значение вручную или нажмите кнопку . Загрузится *Модуль выбора материалов*, с помощью которого вы сможете выбрать материал зубчатого колеса и определить механические свойства этого материала.

- **допускаемые напряжения по контакту** $\sigma_{HP\,max}$;

  Значение определяется автоматически, если материал был выбран из *Модуля материалов*.

  Для зубьев, подвергнутых нормализации, улучшению или закалке:

  $$\sigma_{HP\,max} = 2{,}8\sigma_T,$$

  где σ_T - предел текучести материала при растяжении, МПа.

  Для зубьев цементованных:

  $$\sigma_{HP\,max} = 40H_{HRC},$$

  где H_{HRC} - твердость поверхности зуба в единицах Роквелла.

  Для зубьев азотированных:

  $$\sigma_{HP\,max} = 3H_{HV},$$

  где H_{HV} - твердость поверхности зуба в единицах Виккерса.

- **допускаемые напряжения по изгибу** σ_{FPM};

  Значение определяется автоматически, если материал был выбран из *Модуля материалов*.

  Для легированных и углеродистых сталей при нормализации или улучшении:

$$\sigma_{FPM} = \frac{\sigma_{F\lim M}}{S_{FM}} = \frac{4,8 H_{HB}}{1,75},$$

  где H_{HB} - твердость поверхности зуба в единицах Бринелля.

  Для легированных сталей, содержащих никель более 1%, при цементации:

$$\sigma_{FPM} = \frac{\sigma_{F\lim M}}{S_{FM}} = \frac{2650}{1,75} = 1514,3 МПа$$

- **твердость активных поверхностей зубьев**;

  Значение определяется автоматически, если материал был выбран из *Модуля материалов*.

- **расчетная нагрузка**.

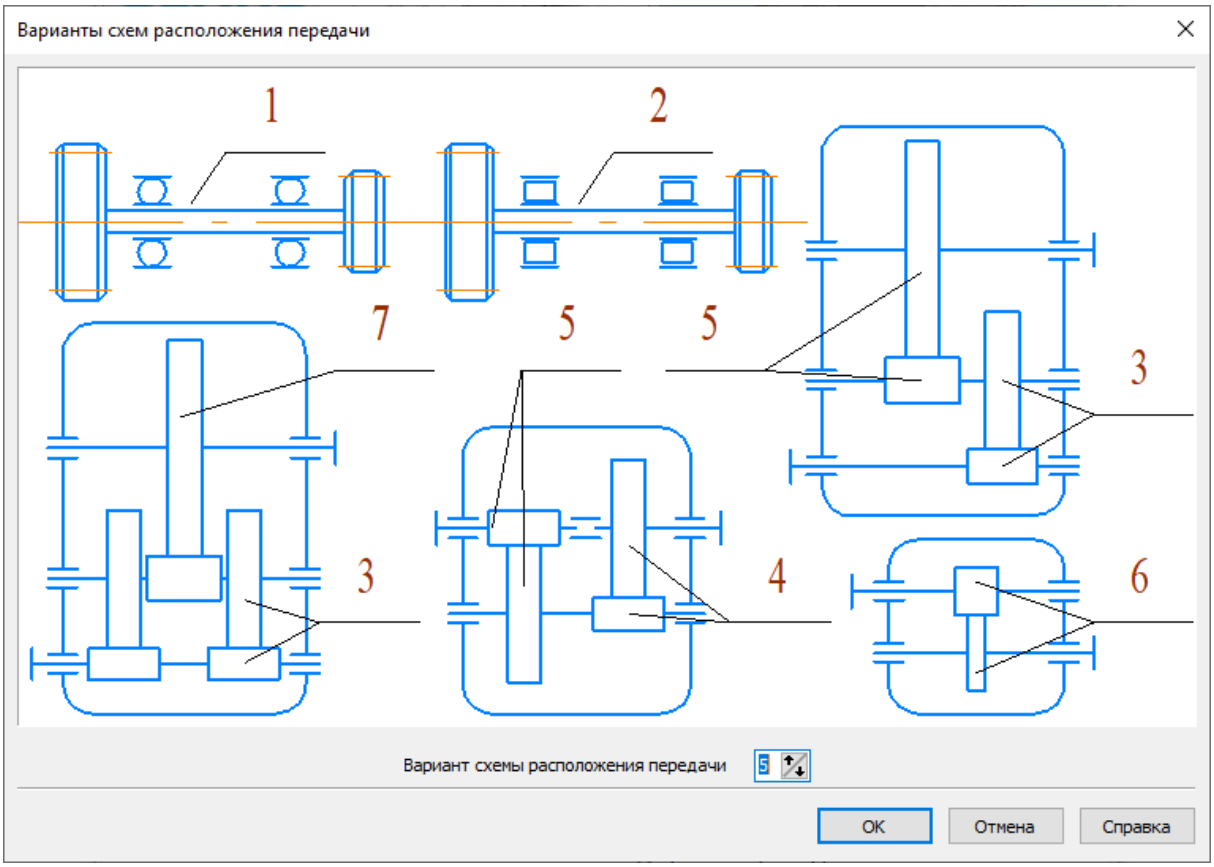
  Задается на шестерне.

Для управления расчетом и данными используйте кнопки инструментальной панели.

После выполнения расчета его результаты будут представлены в виде отчета и показаны в окне ***Результаты расчета***.

Выбор схемы расположения передачи

Чтобы выбрать схему расположения передачи из предлагаемых вариантов, укажите номер схемы в поле ввода или щелкните мышью на изображении этой схемы (например, рядом с цифрой на рисунке).



Расчет на долговечность

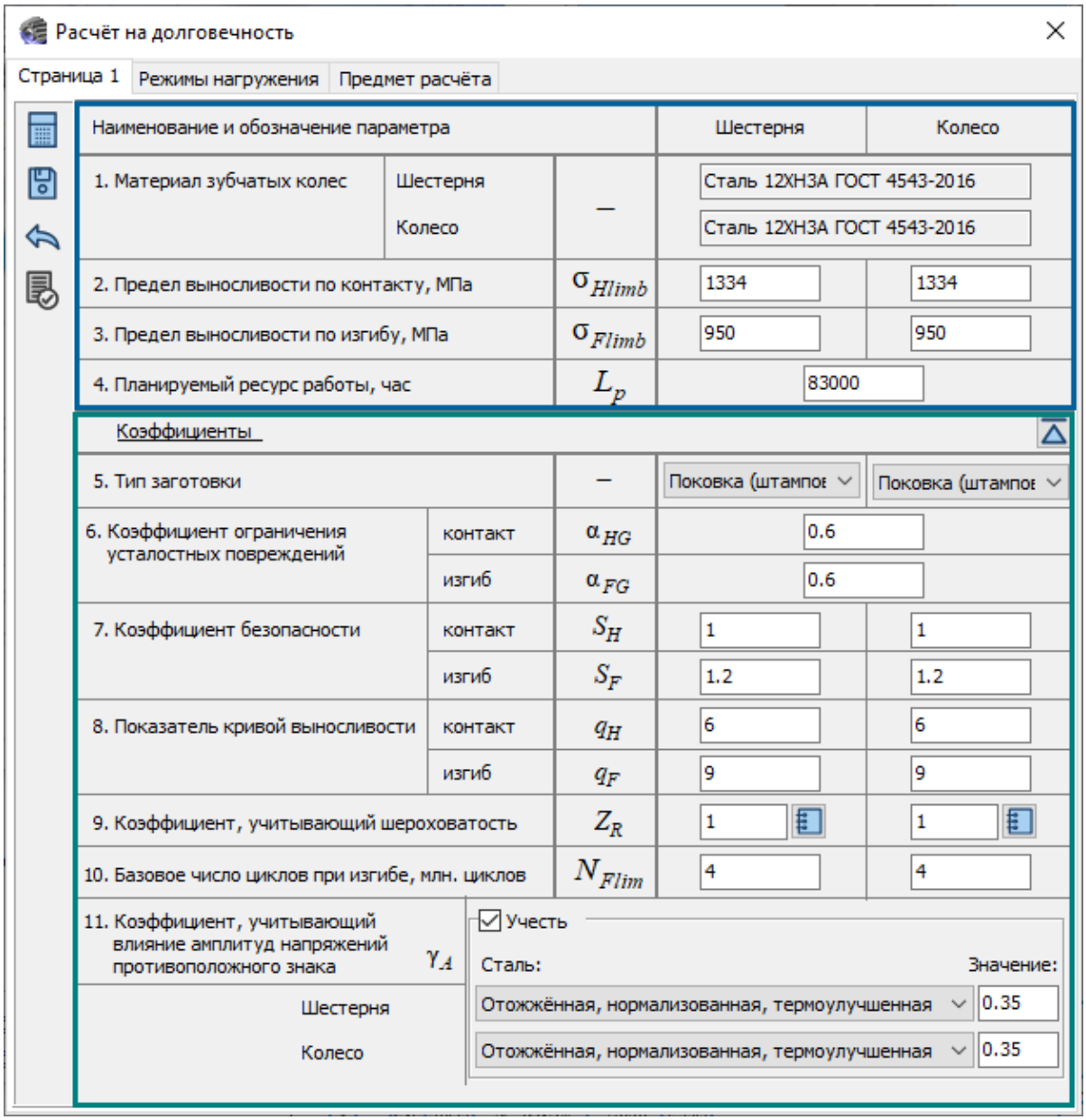
Цель выполнения расчета на долговечность – определение контактной долговечности и долговечности при изгибе (т.е. определение ресурса в часах, а также эквивалентных контактных и изгибных напряжений). Расчет производится по методу эквивалентных напряжений.

Поля ввода исходных данных располагаются на двух страницах. Данные на странице ***Предмет расчета*** (описательная информация о расчете) постоянны для всех расчетов передачи (геометрия, прочность, долговечность).

Введите данные на ***Странице 1***. Страница условно разделена на две области (панели):

- ***Параметры*** – предназначена для ввода значений параметров, необходимых для расчета;
- ***Коэффициенты*** – предназначена для ввода значений коэффициентов.

По умолчанию панель ***Коэффициенты*** скрыта. Чтобы раскрыть ее, щелкните мышью по названию панели ***Коэффициенты*** или нажмите кнопку ***Показать панель с коэффициентами***. Повторный щелчок мышью по названию панели или нажатие кнопки ***Скрыть панель с коэффициентами*** приведет к тому, что панель ***Коэффициенты*** будет скрыта.



Особенности ввода некоторых данных на первой странице:

- **предел выносливости по контакту** $\sigma_{H\,lim\,b}$;

  Значение определяется автоматически, если материал был выбран из *Модуля материалов*.

  При HB < 350, нормализации или улучшении:

  $$\sigma_{H\,lim\,b} = 2\,H_{HB} + 70\,,$$

  При HRC > 56, цементации или нитроцементации:

  $$\sigma_{H\,lim\,b} = 23\,H_{HRC}$$

- **предел выносливости по изгибу** $\sigma^{o}_{f\,lim\,b}$;

Значение определяется автоматически, если материал был выбран из *Модуля материалов*.

Предел выносливости по изгибу, соответствующий базовому числу циклов перемены напряжений, принимается по таблице ГОСТ 21354-87 в зависимости от марки материала и вида термообработки.

- **коэффициент ограничения усталостных повреждений по контакту и изгибу**;

Значение определяется автоматически, если материала был выбран из *Модуля материалов*. По умолчанию 0,6. При необходимости значение коэффициента можно изменить. Диапазон возможных значений – 0,6...0,75.

- **коэффициент запаса прочности (безопасности) по контакту SH**;

Значение определяется автоматически, если материал был выбран из *Модуля материалов*.

Для зубчатых колес с однородной структурой материала ***SH=1,1***. Для зубчатых колес с поверхностным упрочнением ***SH=1,2***.

Для передач, выход из строя которых связан с тяжелыми последствиями, рекомендуется приведенные значения увеличивать до ***1,25*** и ***1,35*** соответственно.

- **коэффициент запаса прочности (безопасности) по изгибу SF**;

Значение определяется автоматически, если материал был выбран из *Модуля материалов*.

Коэффициент учитывает нестабильность свойств материала зубчатых колес и ответственность зубчатой передачи. Выбирается в зависимости от марки материала, способа термической и химико-термической обработки и заданной вероятности неразрушения по таблице ГОСТ 21354-87:

- для сталей 18ХГТ, 12Х2Н4А, 20Х2Н4А, 12ХН3А, 20ХН3А, 30ХН3А (цементация) - ***SF=1,55***;
- для сталей 38ХС, 45Х, 45 (нормализация, улучшение) - ***SF=1,75***.

- **показатель кривой выносливости qH**;

Значение определяется автоматически, если материал был выбран из *Модуля материалов*. Начальные значения принимаются:

- по контакту - ***qH*** = 6,
- по изгибу:
  - ***qF*** = 6 - для колес с твердостью поверхности зубьев HB < 350, а также для колес, закаленных при нагреве ТВЧ с обрывом закаленного слоя у переходной поверхности, и зубчатых колес со шлифованной переходной поверхностью независимо от твердости и термообработки;
  - ***qF*** = 9 - для колес с нешлифованной переходной поверхностью при твердости поверхности зубьев HB > 350 и чугунных колес.

- **коэффициент, учитывающий шероховатость сопряженных поверхностей зубьев**;

Определяется по тому из сопряженных колес, зубья которого имеют более грубые поверхности, т.е. в зависимости от класса шероховатости поверхности. Для ввода значений нажмите кнопку  ***Выбор коэффициента*** и дважды щелкните мышью по нужной строке в открывшейся таблице.

По умолчанию задается 1,0.

- **базовое число циклов при изгибе**;

  По умолчанию задается **NFO= 4** млн.циклов.

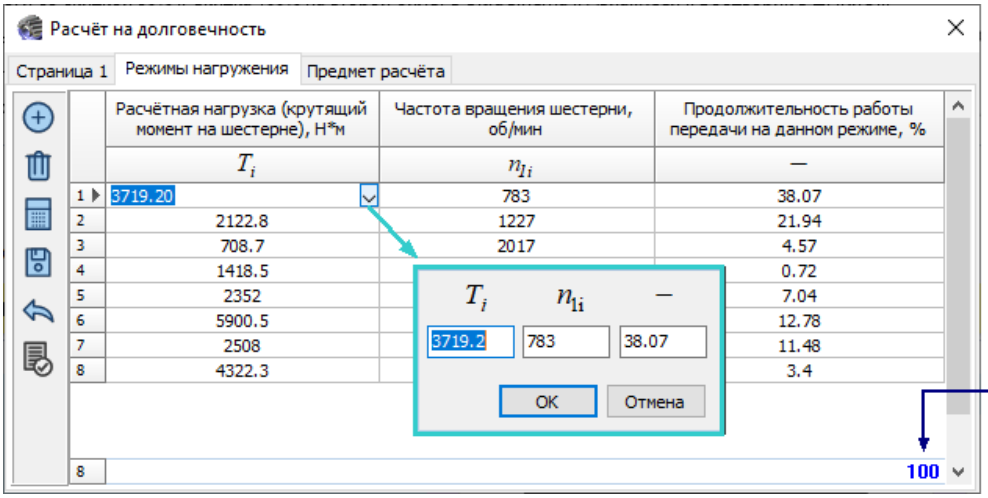
- **коэффициент, учитывающий способ получения заготовки зубчатого колеса**;

  Для ввода значений нажмите кнопку ***Выбор коэффициента*** и дважды щелкните мышью по нужной строке в открывшейся таблице.

- **коэффициент, учитывающий влияние амплитуд напряжений противоположного знака**.

  Если элементы передачи испытывают знакопеременную нагрузку, то при расчете необходимо ввести коэффициент, значение которого определяется автоматически, в зависимости от свойств материала. Для ввода значений коэффициента нажмите кнопку ***Выбор коэффициента*** и дважды щелкните мышью по нужной строке в открывшейся таблице.

Введите данные на странице ***Режимы нагружения***.



Для управления списком режимов нагружения используйте кнопки панели инструментов.
Чтобы ввести или отредактировать значения параметров режима нагружения, выделите нужную строку и щелкните левой клавишей мыши в ячейке с любым параметром. В правой части ячейки появится кнопка. Нажмите ее и введите значения параметров режима нагружения в открывшемся окне.

После выполнения расчета его результаты будут представлены в виде отчета и показаны в окне ***Результаты расчета***.

В ряде случаев в отчете с результатами расчета могут отображаться значения ресурса по контакту и изгибу равные «999999». Это означает, что ресурс передачи практически бесконечен. Как правило, такой результат является следствием несущественных значений эквивалентных напряжений. Подробная информация о коэффициентах ограничения усталостных повреждений содержится в ГОСТ 21354-87 на странице 66 (Приложение 3

«Методы учета нагрузок, изменяющихся во времени», пункт 3 «Метод эквивалентных напряжений»).

Цепные и ременные передачи

Средствами модуля *КОМПАС-GEARS* могут быть рассчитаны:

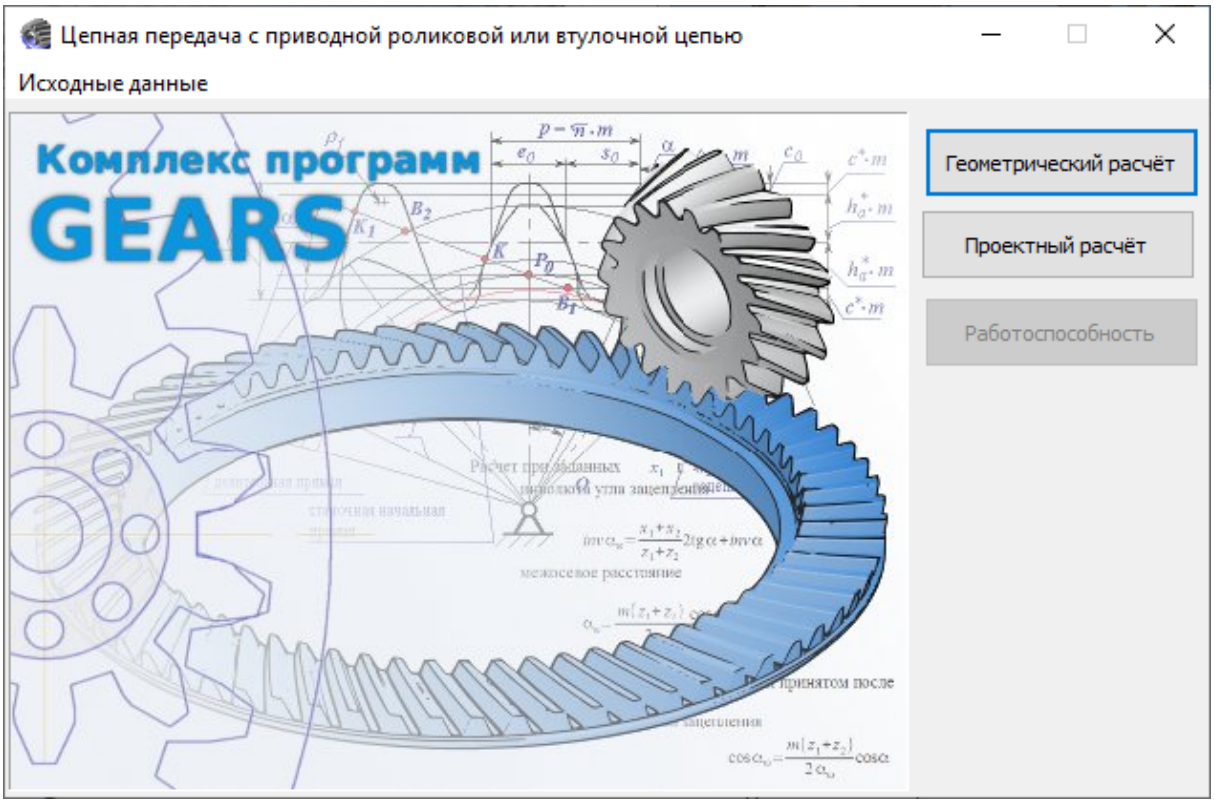
- цепные передачи с приводной роликовой или втулочной цепью 278;
- цепные передачи с зубчатой цепью 286;
- клиноременные передачи 292;
- зубчатоременные передачи 303;
- плоскоременные передачи 313.

Расчеты цепной передачи с приводной роликовой и втулочной цепью

Средствами модуля *КОМПАС-GEARS* могут быть рассчитаны однорядные и многорядные цепные передачи с приводными роликовыми или втулочными цепями по ГОСТ 13568-97 «Цепи приводные роликовые и втулочные» и ГОСТ 21834-87 «Цепи приводные роликовые повышенной прочности и точности».
Расчеты выполняются согласно рекомендациям, приведенным в справочнике «Проектирование цепных передач» (авторы Готовцев А.А., Котенок И.П.).

Предусмотрено три вида расчетов:

- геометрический расчет 279;
- проектный расчет 283;
- расчет на работоспособность 286 – может быть выполнен дополнительно после любого из двух первых расчетов.



Если предстоит рассчитать модель элемента механических передач уже созданную в системе *Валы и механические передачи 2D*, геометрические параметры этого элемента будут автоматически переданы в *Модуль расчетов механических передач*.

Линейные размеры задаются в миллиметрах, а угловые - в градусах, минутах, секундах.

Исходные данные для расчета могут быть сохранены в файле формата **.chai_rol_dat* при помощи команд строки меню ***Исходные данные*** 365 или непосредственно при выполнении расчетов. Впоследствии эти данные можно будет загружать для расчета в модуль *КОМПАС-GEARS*.

Нажмите в окне ***Цепная передача с приводной роликовой или втулочной цепью*** кнопку, соответствующую виду расчета.

Геометрический расчет

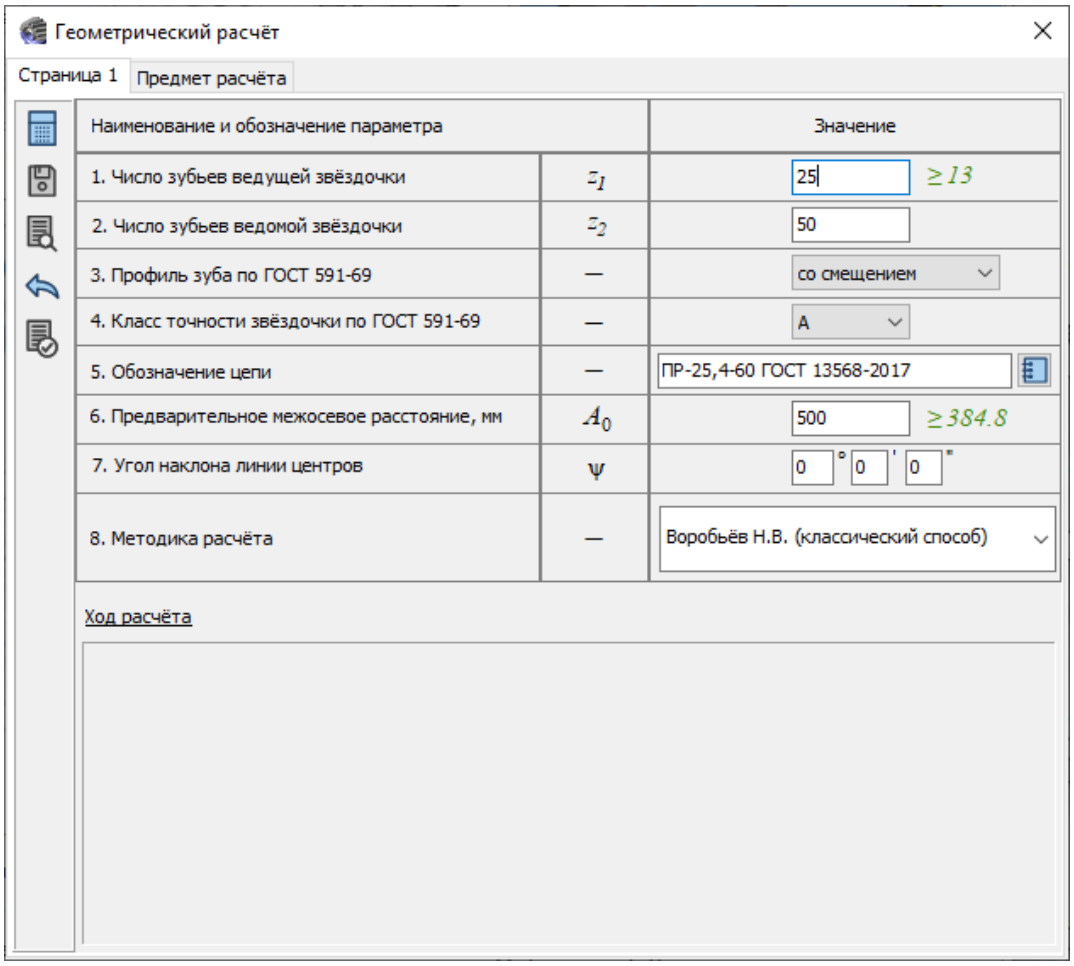
Описание расчета 279;
Обозначение цепи 281.

Описание расчета

Цели выполнения геометрического расчета цепной передачи с приводной роликовой или втулочной цепью:

- определение основных параметров звездочек;
- определение размеров для контроля;
- проверка качества зацепления по геометрическим показателям.

Расчеты выполняются в соответствии с рекомендациями справочника «Проектирование цепных передач» (авторы А. А. Готовцев, И. П. Котенок).



Поля ввода исходных данных располагаются на одной странице. Данные на странице ***Предмет расчета*** (описательная информация о расчете) постоянны для всех расчетов передачи.

Введите исходные данные.

Особенности ввода некоторых данных :

- **число зубьев ведущей звездочки**;

  При известном передаточном числе **U**, если отсутствуют конструктивные ограничения по габаритам, число зубьев меньшей звездочки **Z1** целесообразно принимать в зависимости от передаточного числа по следующей формуле:

  Z1 = 29 - 2 • U.

- **профиль зуба звездочек по ГОСТ 591-69**;

  Стандарт устанавливает два профиля зубьев звездочек:

  - без смещения центров дуг впадин;
  - со смещением центров дуг впадин.

- **класс точности звездочек по ГОСТ 591-69**;

Стандарт устанавливает три класса точности звездочек: **A** (наиболее точные звездочки), **B** и **C**.

- **обозначение цепи**;

  Для ввода обозначения цепи нажмите кнопку  и выберите тип и обозначение цепи в открывшемся окне 281.

- **методика расчета**.

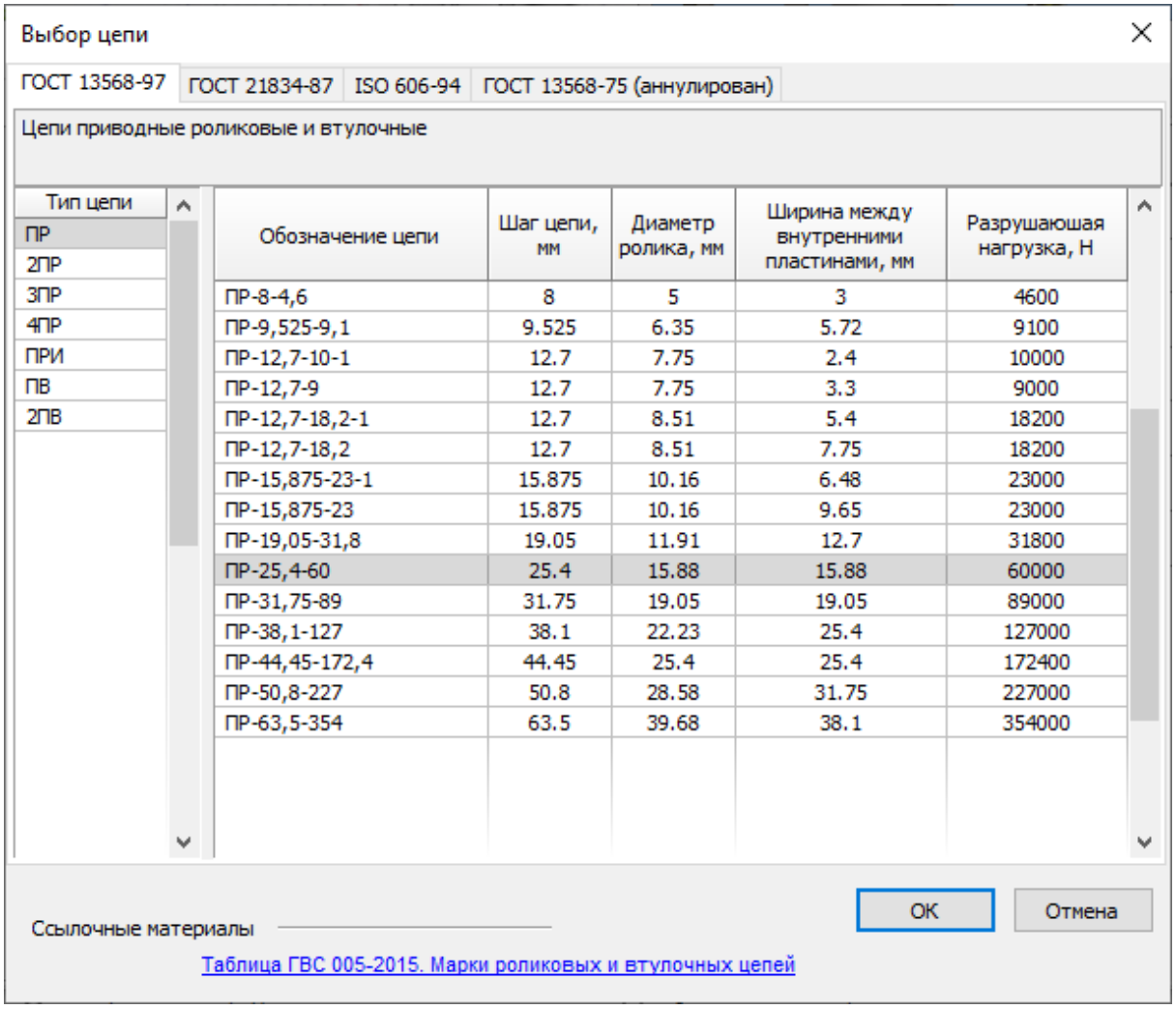
  Для выполнения расчета выберите одну из методик. Возможные варианты:

  - ***Воробьев Н.В. (классический способ)***;
  - ***Готовцев А.А. (для скоростных цепей из условия синфазного движения цепи)***.

Для управления расчетом и данными используйте кнопки инструментальной панели.
В случае невыполнения каких-либо показателей качества зацепления выдаются информационные сообщения с рекомендациями по дальнейшим действиям.

Обозначение цепи

Выбор обозначения цепи цепной передачи с приводной роликовой или втулочной цепью осуществляется в дополнительном окне, которое открывается после нажатия кнопки  , расположенной в окне ***Геометрический расчет*** справа от поля ***Обозначение цепи***.



В окне расположены вкладки, каждая из которых соответствует определенному стандарту. Пояснение к стандарту отображено в верхней части окна над таблицей с параметрами цепи. В левой части окна приведен список типов цепей (для каждого стандарта он свой), в правой – таблица с параметрами цепей.

Для просмотра полного списка марок роликовых и втулочных цепей, используемых в *КОМПАС-GEARS*, воспользуйтесь ссылкой ***Таблица ГВС 005-2015. Марки роликовых и втулочных цепей***, расположенной в нижней части окна.

Чтобы выбрать обозначение цепи, выполните следующие действия.

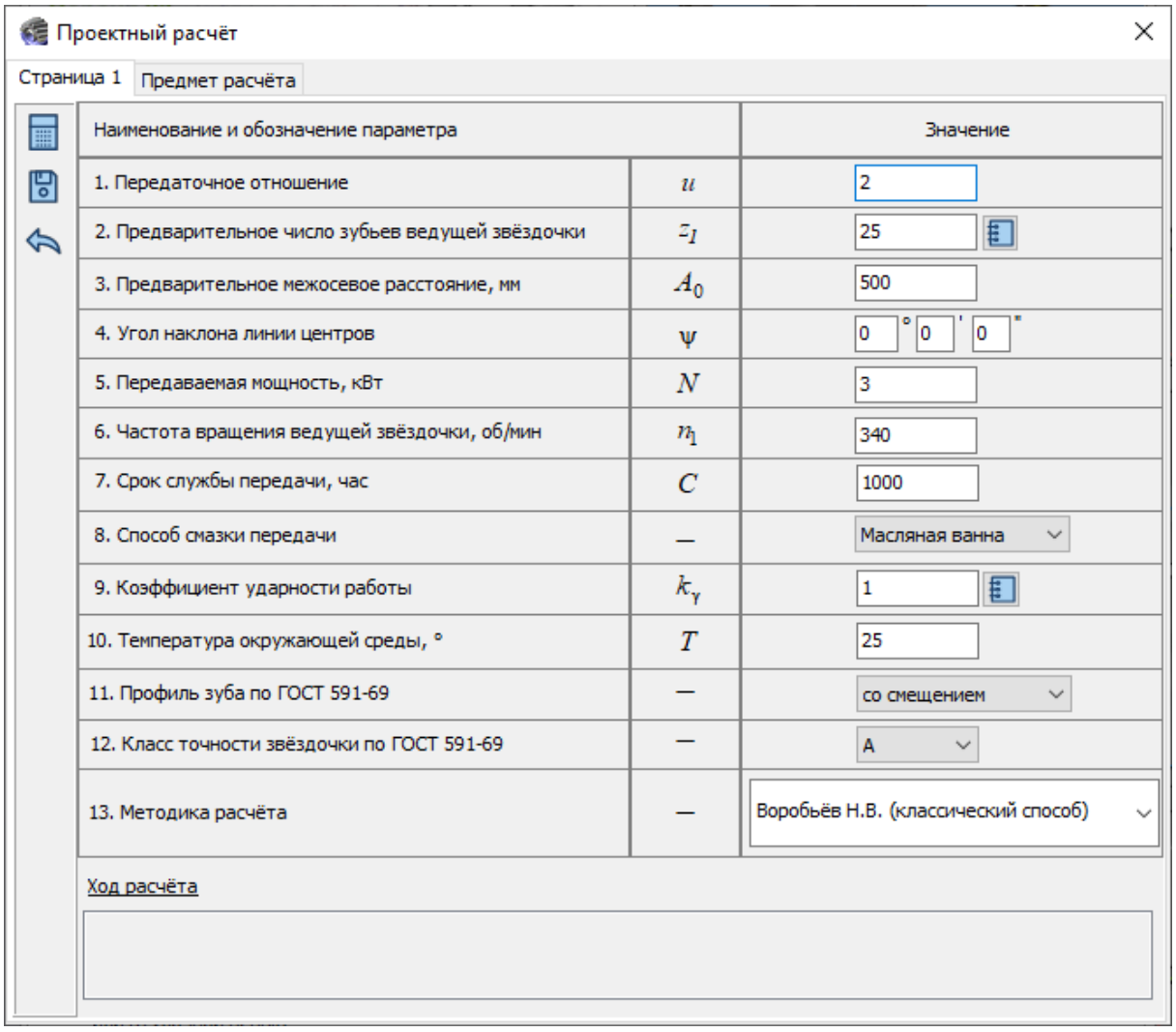
1. Раскройте вкладку с нужным стандартом.
2. В списке ***Тип цепей*** выберите нужный тип.
3. В таблице параметров цепи выберите нужную строку.
4. Нажмите кнопку ***ОК***. Обозначение выбранной цепи появится в окне ***Геометрический расчет***.

Проектный расчет

Описание расчета 283;
Список подобранных передач 285.

Описание расчета

Проектный расчет цепной передачи с приводной роликовой или втулочной цепью выполняется по методике, приведенной в справочнике «Проектирование цепных передач» (авторы Готовцев А.А., Котенок И.П.).



Поля ввода исходных данных располагаются на одной странице. Данные на странице ***Предмет расчета*** (описательная информация о расчете) постоянны для всех расчетов передачи.

Введите исходные данные.

Особенности ввода некоторых данных :

- **коэффициент ударности работы**;

Характер работы цепной передачи	Значение
Плавная работа без толчков и ударов, равномерная нагрузка	1,0
Равномерный ход с отдельными мягкими толчками, легкие плавные колебания нагрузки	1,0
Легкие удары, небольшие толчки, средняя пульсирующая нагрузка	1,1
Средние удары и предельная пульсирующая нагрузка	1,25
Средние удары и предельная пульсирующая нагрузка средней интенсивности	1,45
Самые сильные удары со знакопеременной нагрузкой	1,5

Оборудование	**Э**	**ДГ**	**Д**
Приводы с безударной работой			
Ленточные конвейеры с незначительными колебаниями нагрузки, цепные транспортеры, центробежные насосы и вентиляторы, текстильное оборудование и прочее оборудование, работающее с постоянной нагрузкой	1,0	1,0	1,2
Приводы с ударами небольшой интенсивности			
Центробежные компрессоры, судовые двигатели, конвейеры с небольшими колебаниями нагрузки, автоматические печи, сушилки, дробилки, металлорежущее оборудование, компрессоры, строительные машины, бумагоделательные машины.	1,3	1,2	1,4
Приводы с сильными ударами			
Прессы, дробилки, горнодобывающее оборудование, вибраторы, нефтедобывающее оборудование, смесители для изготовления резины, прокатные станы, прочее оборудование, подвергающееся действию реверсивных или ударных нагрузок	1,5	1,4	1,7

Обозначения : **Э** - электродвигатель или турбина;
ДГ и **Д** - двигатель внутреннего сгорания соответсвенно с гидравлической передачей и без нее

- **профиль зуба звездочек по ГОСТ 591-69**;

  Стандарт устанавливает два профиля зубьев звездочек:

  - без смещения центров дуг впадин;
  - со смещением центров дуг впадин.

- **класс точности звездочек по ГОСТ 591-69**;

  Стандарт устанавливает три класса точности звездочек: **A** (наиболее точные звездочки), **B** и **C**.

- **методика расчета**.

Для выполнения расчета выберите одну из методик. Возможные варианты:

- ***Воробьев Н.В. (классический способ)***;
- ***Готовцев А.А. (для скоростных цепей из условия синфазного движения цепи)***.

Для управления расчетом и данными используйте кнопки инструментальной панели.

В результате расчета будет определен список передач 285 подобранных из общей базы, удовлетворяющих исходным данным.

Список подобранных передач

В окне ***Подобранные цепи*** отображается список передач, подобранных из общей базы, которые удовлетворяют исходным данным.

Подобранные цепи

Обозначение цепи	НТД	Число зубьев ведущей звёздочки	Диаметр ведущей звёздочки, мм	Коэффициент запаса прочности	Срок службы, час
—	—	z_1	D_1	k	C_p
ПРА-25,4-60	ГОСТ 13568-75	25	215	72	33010
ПРА-31,75-89	ГОСТ 13568-75	25	269	133	46275
ПР-12,7-18,2-1	ГОСТ 13568-97	25	107	10.9	2691
ПР-12,7-18,2	ГОСТ 13568-97	25	107	10.9	6364
ПР-15,875-23-1	ГОСТ 13568-97	25	134	17.2	12958
ПР-15,875-23	ГОСТ 13568-97	25	134	17.2	16766
ПР-19,05-31,8	ГОСТ 13568-97	25	161	28.6	24306
ПР-25,4-60	ГОСТ 13568-97	25	215	72	39612
ПР-31,75-89	ГОСТ 13568-97	25	269	133	55530
2ПР-12,7-31,8	ГОСТ 13568-97	25	107	19.1	19378
2ПР-15,875-45,4	ГОСТ 13568-97	25	134	34	24829
2ПР-19,05-64	ГОСТ 13568-97	25	161	57.6	36355
2ПР-25,4-114	ГОСТ 13568-97	25	215	137	59353
2ПР-31,75-177	ГОСТ 13568-97	25	269	265	83231
3ПР-12,7-45,4	ГОСТ 13568-97	25	107	27.2	26145
3ПР-15,875-68,1	ГОСТ 13568-97	25	134	51.1	33835

При работе со списком вы можете:

- отсортировать список по значению какого-либо параметра;

  Щелкните мышью в ячейке с заголовком параметра, по значению которого вы хотите выполнить сортировку. В ячейке появится серый треугольный маркер. Если вершина треугольника направлена вниз, данные сгруппируются в порядке возрастания значения параметра. Повторный щелчок приведет к перегруппировке данных в обратном направлении.

- посмотреть результаты расчета по каждой передаче.

  Чтобы просмотреть результаты расчета указанной передачи и при необходимости вывести их на печать, воспользуйтесь командой ***Просмотр результата расчета***. Команду можно вызвать из контекстного меню, при помощи кнопки панели инструментов или

клавиши <***F3***>. Результаты расчета указанной передачи будут отображены в отдельном окне.

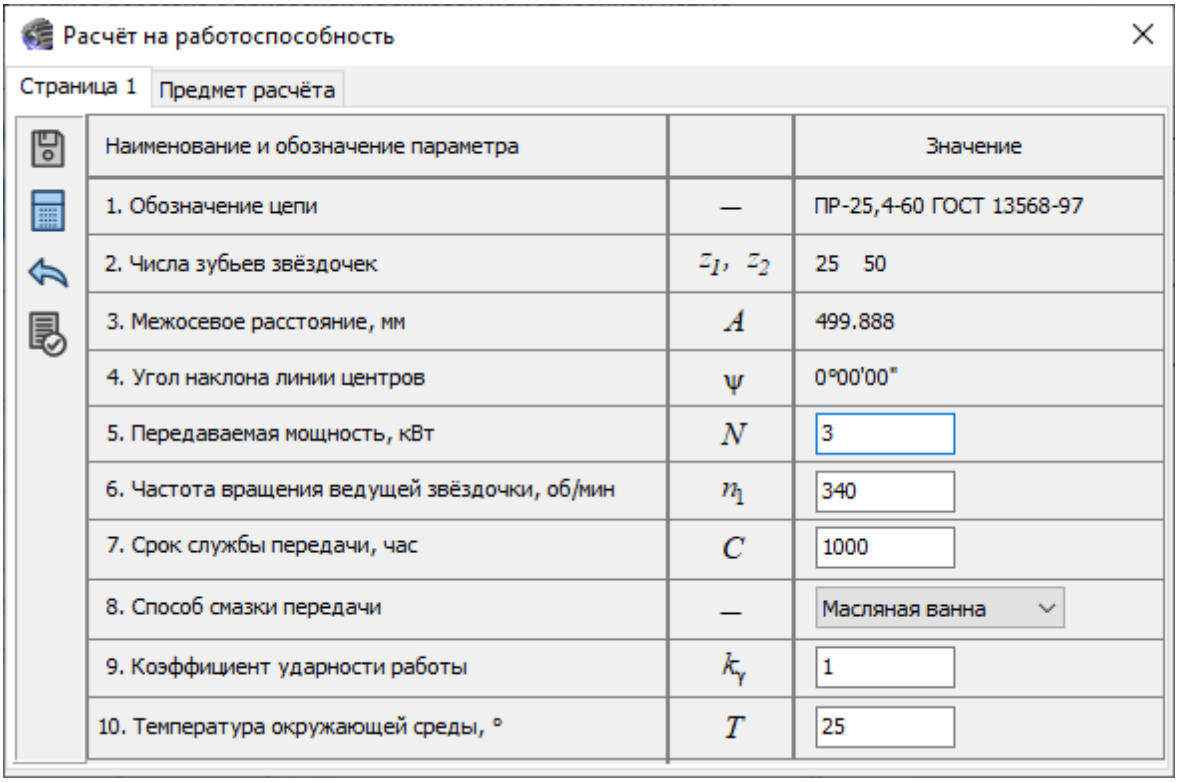
Для управления расчетом и данными используйте кнопки инструментальной панели.

Работоспособность

Используя данный расчет, можно более детально исследовать работоспособность выбранной передачи, варьируя параметры ее работы.

Введите требуемые параметры и выполните расчет.

Для управления расчетом и данными используйте кнопки инструментальной панели.

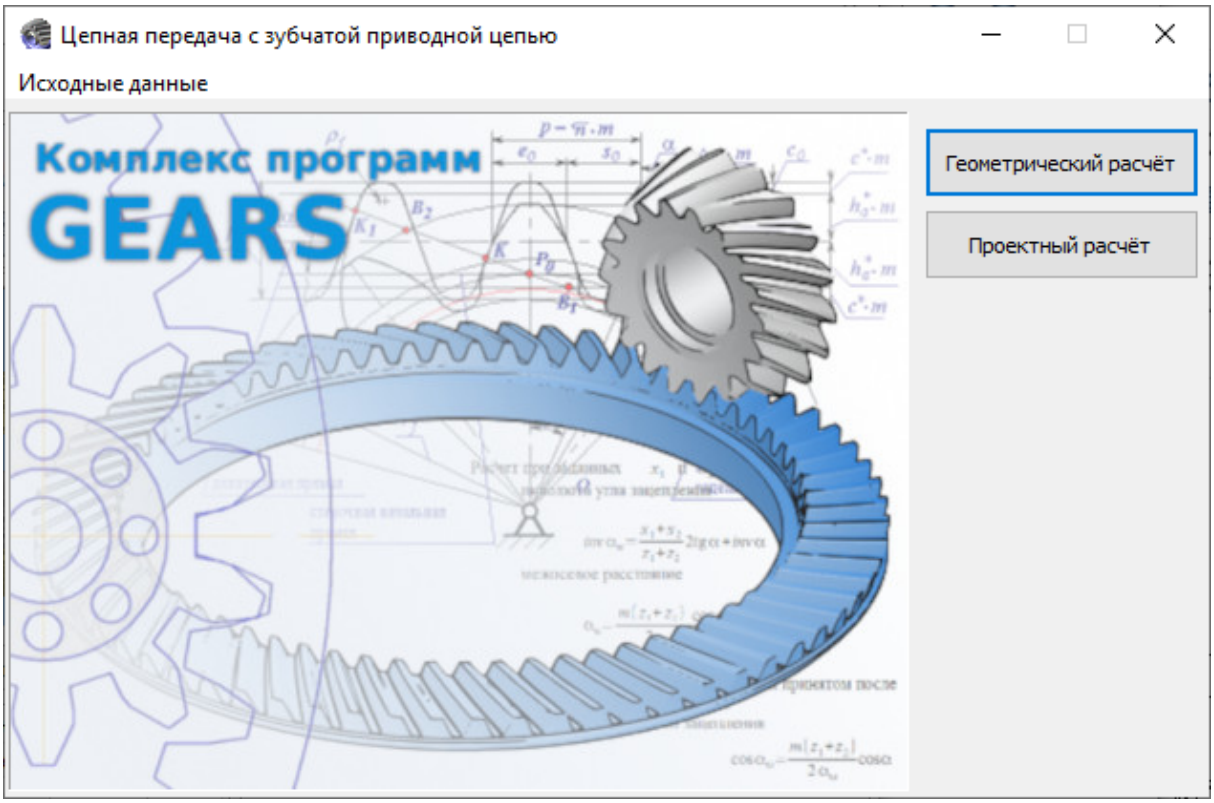


Расчеты цепной передачи с зубчатой приводной цепью

Средствами модуля *КОМПАС-GEARS* могут быть рассчитаны цепные передачи с зубчатой приводной цепью. Расчет выполняется согласно рекомендациям, приведенным в ГОСТ 13576-81 «Звездочки для приводных зубчатых цепей. Методы расчета и построения профиля зубьев. Пределы отклонения».

Предусмотрено два вида расчетов:

- геометрический расчет 287;
- проектный расчет 289.



Если предстоит рассчитать модель элемента механических передач уже созданную в системе *Валы и механические передачи 2D*, геометрические параметры этого элемента будут автоматически переданы в *Модуль расчетов механических передач*.

Линейные размеры задаются в миллиметрах, а угловые - в градусах, минутах, секундах.

Исходные данные для расчета могут быть сохранены в файле формата **.chai_gea_dat* при помощи команд строки меню ***Исходные данные*** 365 или непосредственно при выполнении расчетов. Впоследствии эти данные можно будет загружать для расчета в модуль *КОМПАС-GEARS*.

Нажмите в окне ***Цепная передача с зубчатой приводной цепью*** кнопку, соответствующую виду расчета.

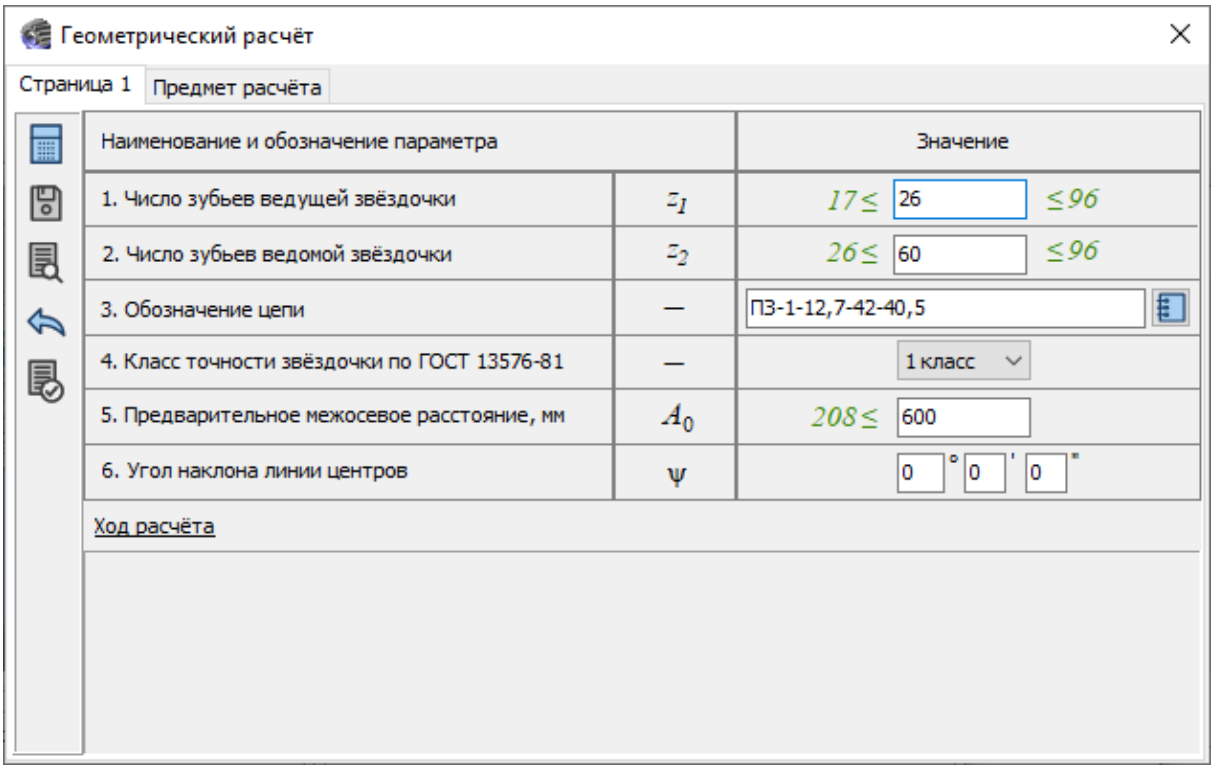
Геометрический расчет

Описание расчета 287;
Обозначение цепи 289.

Описание расчета

Цели выполнения геометрического расчета цепной передачи с зубчатой приводной цепью:

- определение основных параметров звездочек;
- определение размеров для контроля;
- проверка качества зацепления по геометрическим показателям.



Поля ввода исходных данных располагаются на одной странице. Данные на странице ***Предмет расчета*** (описательная информация о расчете) постоянны для всех расчетов передачи.

Введите исходные данные.

Особенности ввода некоторых данных :

- **число зубьев звездочек**;

  Диапазон возможных значений чисел зубьев ведущей и ведомой звездочек рекомендован ГОСТ 13576-81 «Звездочки для приводных зубчатых цепей. Методы расчета и построения профиля зубьев. Предельные отклонения»

- **класс точности звездочек по ГОСТ 13576-81**;

  Стандарт устанавливает два класса точности звездочек: **1** (наиболее точные звездочки) и **2**.

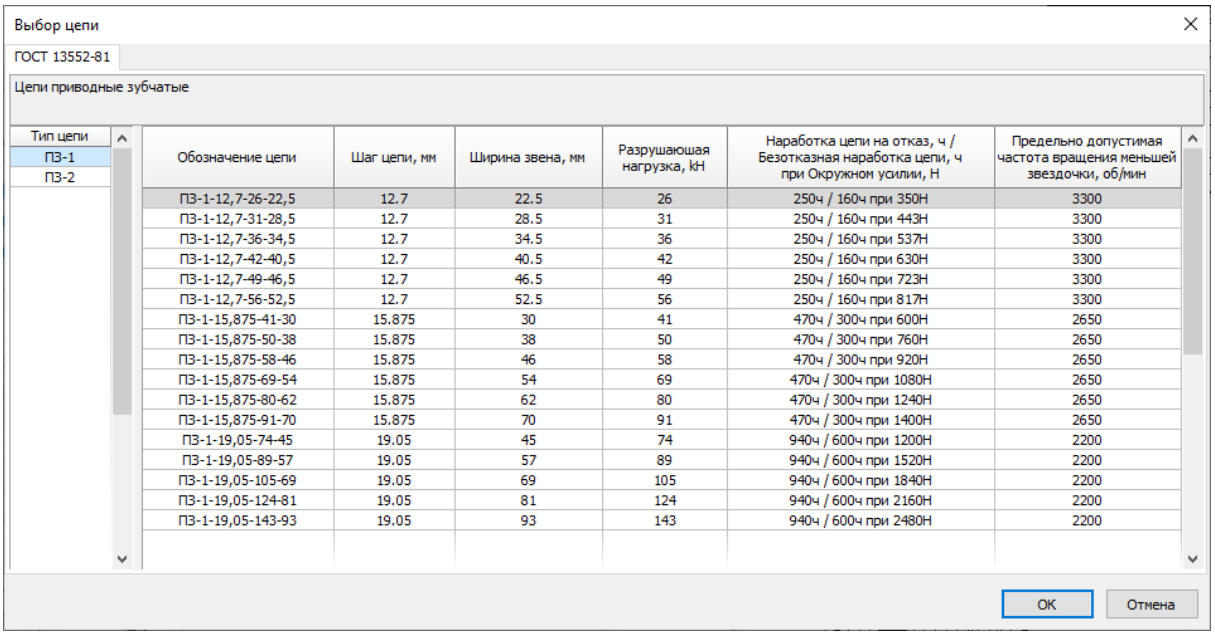
- **обозначение цепи**.

  Для ввода обозначения цепи нажмите кнопку  и выберите тип и обозначение цепи в открывшемся окне, 289.

Для управления расчетом и данными используйте кнопки инструментальной панели.
В случае невыполнения каких-либо показателей качества зацепления выдаются информационные сообщения с рекомендациями по дальнейшим действиям.

Обозначение цепи

Выбор обозначения цепи цепной передачи с зубчатой приводной цепью осуществляется в дополнительном окне, которое открывается после нажатия кнопки  , расположенной в окне ***Геометрический расчет*** справа от поля ***Обозначение цепи***.



В левой части окна приведен список типов цепей, в правой – таблица с параметрами цепей.

Чтобы выбрать обозначение цепи, выполните следующие действия.

1. В списке ***Тип цепи*** выберите нужный тип.
2. В таблице параметров цепи выберите нужную строку.
3. Нажмите кнопку ***ОК***. Обозначение выбранной цепи появится в окне ***Геометрический расчет***.

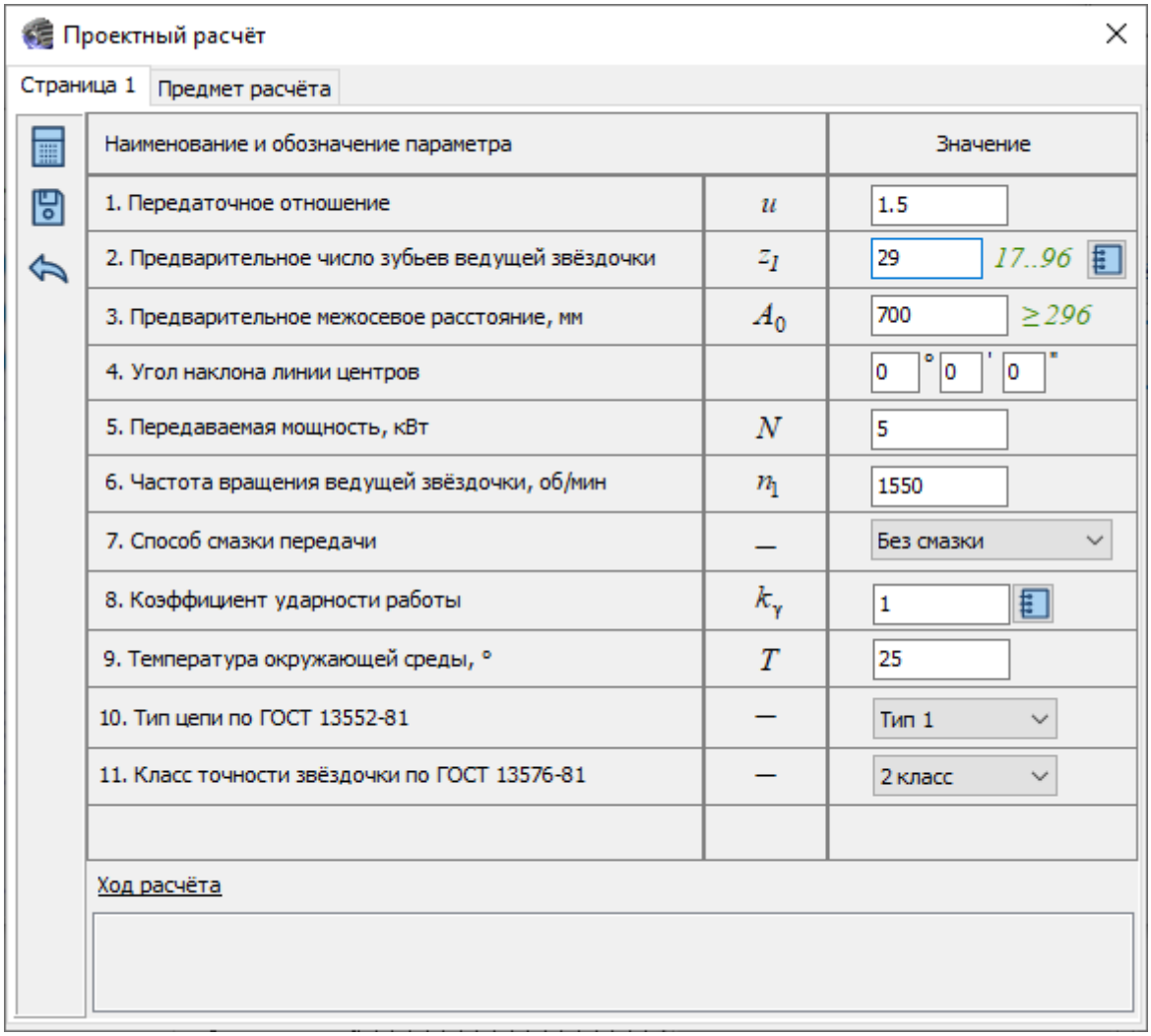
Проектный расчет

Описание расчета 289;

Список подобранных передач 285.

Описание расчета

Цель проектного расчета цепной передачи с зубчатой приводной цепью заключается в определении параметров передачи в зависимости от условий ее работы.



Поля ввода исходных данных располагаются на одной странице. Данные на странице ***Предмет расчета*** (описательная информация о расчете) постоянны для всех расчетов передачи.

Введите исходные данные.

Особенности ввода некоторых данных :

- **предварительное число зубьев ведущей звездочки**;

  Число зубьев ведущей звездочки можно ввести вручную (диапазон возможных значений указан справа от поля ввода) или рассчитать по передаточному отношению. Для выполнения расчета нажмите кнопку .

- **коэффициент ударности работы**;

Характер работы цепной передачи	Значение
Плавная работа без толчков и ударов, равномерная нагрузка	1,0
Равномерный ход с отдельными мягкими толчками, легкие плавные колебания нагрузки	1,0
Легкие удары, небольшие толчки, средняя пульсирующая нагрузка	1,1
Средние удары и предельная пульсирующая нагрузка	1,25
Средние удары и предельная пульсирующая нагрузка средней интенсивности	1,45
Самые сильные удары со знакопеременной нагрузкой	1,5

Оборудование	**Э**	**ДГ**	**Д**
Приводы с безударной работой			
Ленточные конвейеры с незначительными колебаниями нагрузки, цепные транспортеры, центробежные насосы и вентиляторы, текстильное оборудование и прочее оборудование, работающее с постоянной нагрузкой	1,0	1,0	1,2
Приводы с ударами небольшой интенсивности			
Центробежные компрессоры, судовые двигатели, конвейеры с небольшими колебаниями нагрузки, автоматические печи, сушилки, дробилки, металлорежущее оборудование, компрессоры, строительные машины, бумагоделательные машины.	1,3	1,2	1,4
Приводы с сильными ударами			
Прессы, дробилки, горнодобывающее оборудование, вибраторы, нефтедобывающее оборудование, смесители для изготовления резины, прокатные станы, прочее оборудование, подвергающееся действию реверсивных или ударных нагрузок	1,5	1,4	1,7

Обозначения : **Э** - электродвигатель или турбина;
ДГ и **Д** - двигатель внутреннего сгорания соответсвенно с гидравлической передачей и без нее

- **тип цепи по ГОСТ 13552-81**;

  Стандартом предусмотрено два типа зубчатых цепей:

  - **Тип 1** – с односторонним зацеплением;
  - **Тип 2** – с двухсторонним зацеплением.

- **класс точности звездочек по ГОСТ 13576-81**.

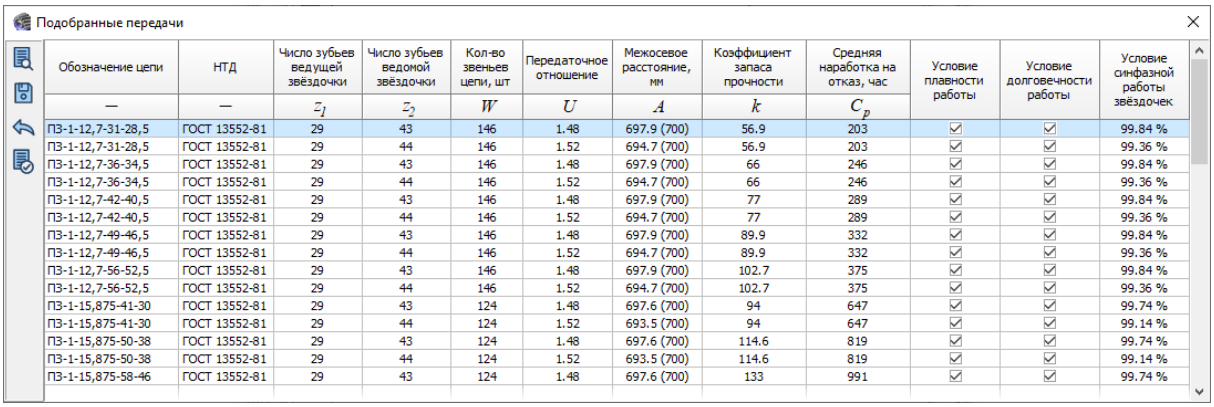
  Стандартом предусмотрено два класса точности звездочек: **1** (наиболее точные звездочки) и **2**.

Для управления расчетом и данными используйте кнопки инструментальной панели.

В результате расчета будет определен список передач 292, подобранных из общей базы, удовлетворяющих исходным данным.

Список подобранных передач

В окне ***Подобранные передачи*** отображается список передач, подобранных из общей базы, которые удовлетворяют исходным данным.



Обозначение цепи	НТД	Число зубьев ведущей звёздочки	Число зубьев ведомой звёздочки	Кол-во звеньев цепи, шт	Передаточное отношение	Межосевое расстояние, мм	Коэффициент запаса прочности	Средняя наработка на отказ, час	Условие плавности работы	Условие долговечности работы	Условие синфазной работы звёздочек
—	—	z_1	z_2	W	U	A	k	C_p			
ПЗ-1-12,7-31-28,5	ГОСТ 13552-81	29	43	146	1.48	697.9 (700)	56.9	203	☑	☑	99.84 %
ПЗ-1-12,7-31-28,5	ГОСТ 13552-81	29	44	146	1.52	694.7 (700)	56.9	203	☑	☑	99.36 %
ПЗ-1-12,7-36-34,5	ГОСТ 13552-81	29	43	146	1.48	697.9 (700)	66	246	☑	☑	99.84 %
ПЗ-1-12,7-36-34,5	ГОСТ 13552-81	29	44	146	1.52	694.7 (700)	66	246	☑	☑	99.36 %
ПЗ-1-12,7-42-40,5	ГОСТ 13552-81	29	43	146	1.48	697.9 (700)	77	289	☑	☑	99.84 %
ПЗ-1-12,7-42-40,5	ГОСТ 13552-81	29	44	146	1.52	694.7 (700)	77	289	☑	☑	99.36 %
ПЗ-1-12,7-49-46,5	ГОСТ 13552-81	29	43	146	1.48	697.9 (700)	89.9	332	☑	☑	99.84 %
ПЗ-1-12,7-49-46,5	ГОСТ 13552-81	29	44	146	1.52	694.7 (700)	89.9	332	☑	☑	99.36 %
ПЗ-1-12,7-56-52,5	ГОСТ 13552-81	29	43	146	1.48	697.9 (700)	102.7	375	☑	☑	99.84 %
ПЗ-1-12,7-56-52,5	ГОСТ 13552-81	29	44	146	1.52	694.7 (700)	102.7	375	☑	☑	99.36 %
ПЗ-1-15,875-41-30	ГОСТ 13552-81	29	43	124	1.48	697.6 (700)	94	647	☑	☑	99.74 %
ПЗ-1-15,875-41-30	ГОСТ 13552-81	29	44	124	1.52	693.5 (700)	94	647	☑	☑	99.14 %
ПЗ-1-15,875-50-38	ГОСТ 13552-81	29	43	124	1.48	697.6 (700)	114.6	819	☑	☑	99.74 %
ПЗ-1-15,875-50-38	ГОСТ 13552-81	29	44	124	1.52	693.5 (700)	114.6	819	☑	☑	99.14 %
ПЗ-1-15,875-58-46	ГОСТ 13552-81	29	43	124	1.48	697.6 (700)	133	991	☑	☑	99.74 %

При работе со списком вы можете:

- отсортировать список по значению какого-либо параметра;

  Щелкните мышью в ячейке с заголовком параметра, по значению которого вы хотите выполнить сортировку. В ячейке появится серый треугольный маркер. Если вершина треугольника направлена вниз, данные сгруппируются в порядке возрастания значения параметра. Повторный щелчок приведет к перегруппировке данных в обратном направлении.

- посмотреть результаты расчета по каждой передаче.

  Чтобы просмотреть результаты расчета указанной передачи и при необходимости вывести их на печать, воспользуйтесь командой ***Просмотр результата расчета***. Команду можно вызвать из контекстного меню, при помощи кнопки панели инструментов  или клавиши <***F3***>. Результаты расчета указанной передачи будут отображены в отдельном окне.

Для управления расчетом и данными используйте кнопки инструментальной панели.

Расчеты клиноременной передачи

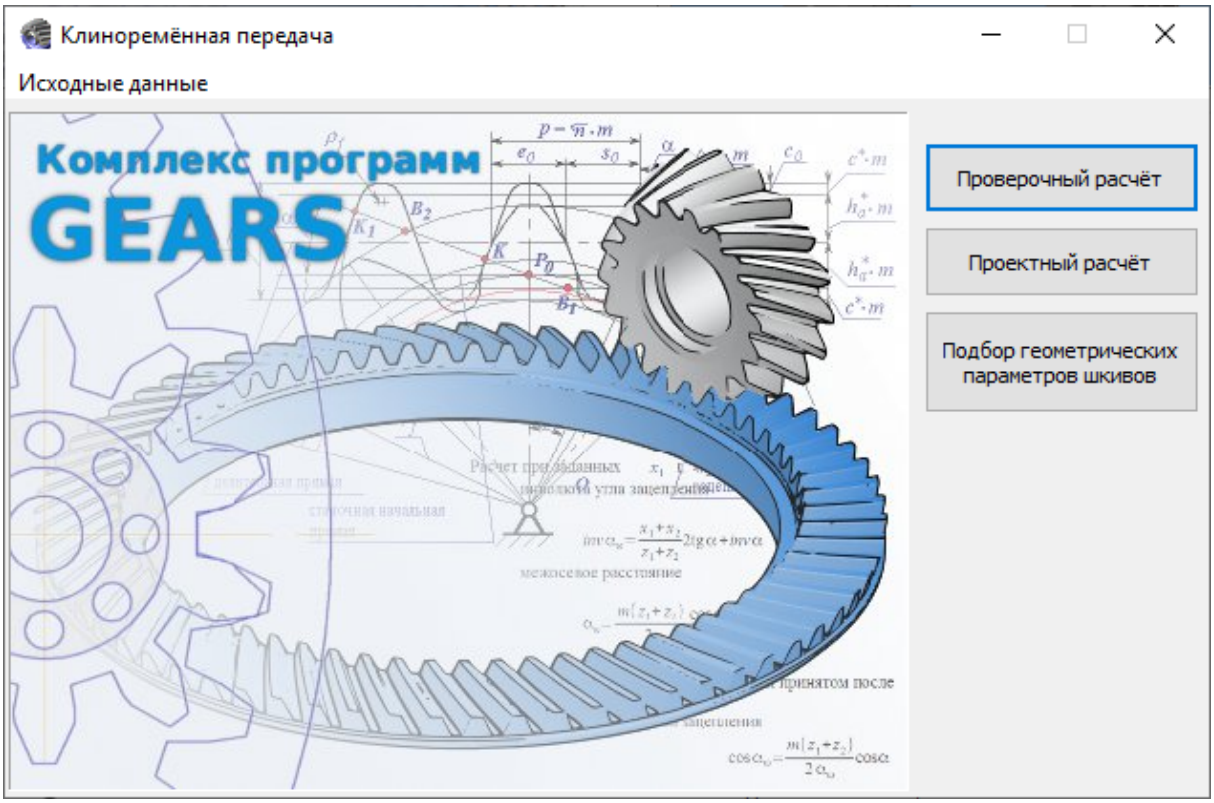
Средствами модуля *КОМПАС-GEARS* могут быть рассчитаны клиноременные передачи с клиновыми ремнями по ГОСТ 1284-80, ТУ 38-40534-75, а также ремнями из каталога фирмы Optibelt (www.optibelt.com).

Расчеты передач, ремни которых соответствуют отечественным нормативным документам, выполняются согласно рекомендациям, приведенным в учебнике «Детали машин» (автор Решетов Д.Н.). Расчеты передач с ремнями из каталога фирмы Optibelt выполняются по методиками этой фирмы.

Вы можете выполнить:

- проверочный расчет 293;

- проектный расчет 298;
- подбор геометрических параметров шкивов в соответствии с выбранным ремнем без выполнения расчетов 301.



Если предстоит рассчитывать модель элемента механических передач уже созданную в системе *Валы и механические передачи 2D*, геометрические параметры этого элемента будут переданы в *Модуль расчетов механических передач* автоматически.

Линейные размеры задаются в миллиметрах, а угловые - в градусах, минутах, секундах.

Вы можете сохранять исходные данные для расчета в файле формата **.belt_vee_dat* при помощи команд строки меню ***Исходные данные*** 365 или непосредственно при выполнении расчетов. Впоследствии сохраненные данные можно будет загружать для расчета в модуль *КОМПАС-GEARS*.
Нажмите в окне ***Расчеты клиноременной передачи*** кнопку, соответствующую виду расчета.

Проверочный расчет

Описание расчета 293;

Список подобранных передач 297.

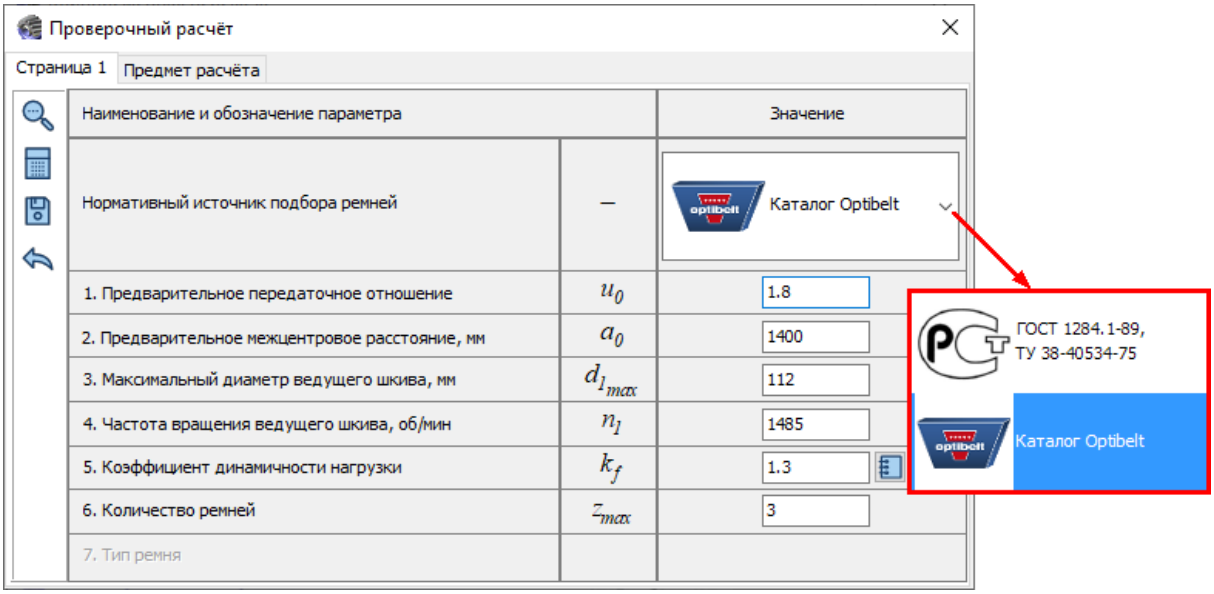
Описание расчета

Проверочный расчет передач, ремни которых соответствуют отечественным нормативным документам (ГОСТ 1284.1-89 и ТУ 38-40534-75), выполняются по рекомендациям, приведенным в

учебнике «Детали машин» (автор Решетов Д.Н.). Расчеты передач с ремнями из каталога фирмы Optibelt (www.optibelt.com) выполняются по методикам этой фирмы.

Поля ввода исходных данных для расчета располагаются на одной странице.

Введите исходные данные, принимая во внимание нижеперечисленные особенности.



Особенности ввода некоторых данных:

- **нормативный источник подбора ремней**;

  Чтобы выбрать нормативный источник подбора ремней, нажмите кнопку выбора, расположенную в правой части поля ***Нормативный источник подбора ремней***, и укажите нужный вариант в раскрывшемся списке:

  - ***ГОСТ 1284.1-89, ТУ 38-40534-75***;
  - ***Каталог Optibelt***.

- **коэффициент динамичности нагрузки**.

  Чтобы выбрать коэффициент динамичности нагрузки, нажмите кнопку  , расположенную справа от поля ввода ***Коэффициент динамичности нагрузки***. Откроется окно ***Выбор коэффициента динамичности (коэффициента режима работы Kf)***, в котором необходимо будет выбрать нужное значение коэффициента в зависимости от режима работы, типа машины и характера нагрузки.

- **тип ремня** (если в качестве нормативного источника подбора ремней был выбран вариант ***ГОСТ 1284.1-89, ТУ 38-40534-75***).

  В **кордтканевых** ремнях корд выполнен в виде нескольких слоев кордткани с основой из крученых шнуров и тонких редких нитей утка. Такие ремни применимы при нестесненных габаритах передачи; в этом случае они обладают достаточной долговечностью.

  В **кордшнуровых** ремнях корд состоит из одного слоя кордшнура, намотанного по винтовой линии и заключенного в слой мягкой резины для уменьшения трения. Такие ремни, как более гибкие и долговечные, применяют для передач, работающих в напряженных условиях, в частности при необходимости шкивов малых диаметров.

Происходит постепенный общий переход на **кордшнуровые** ремни.

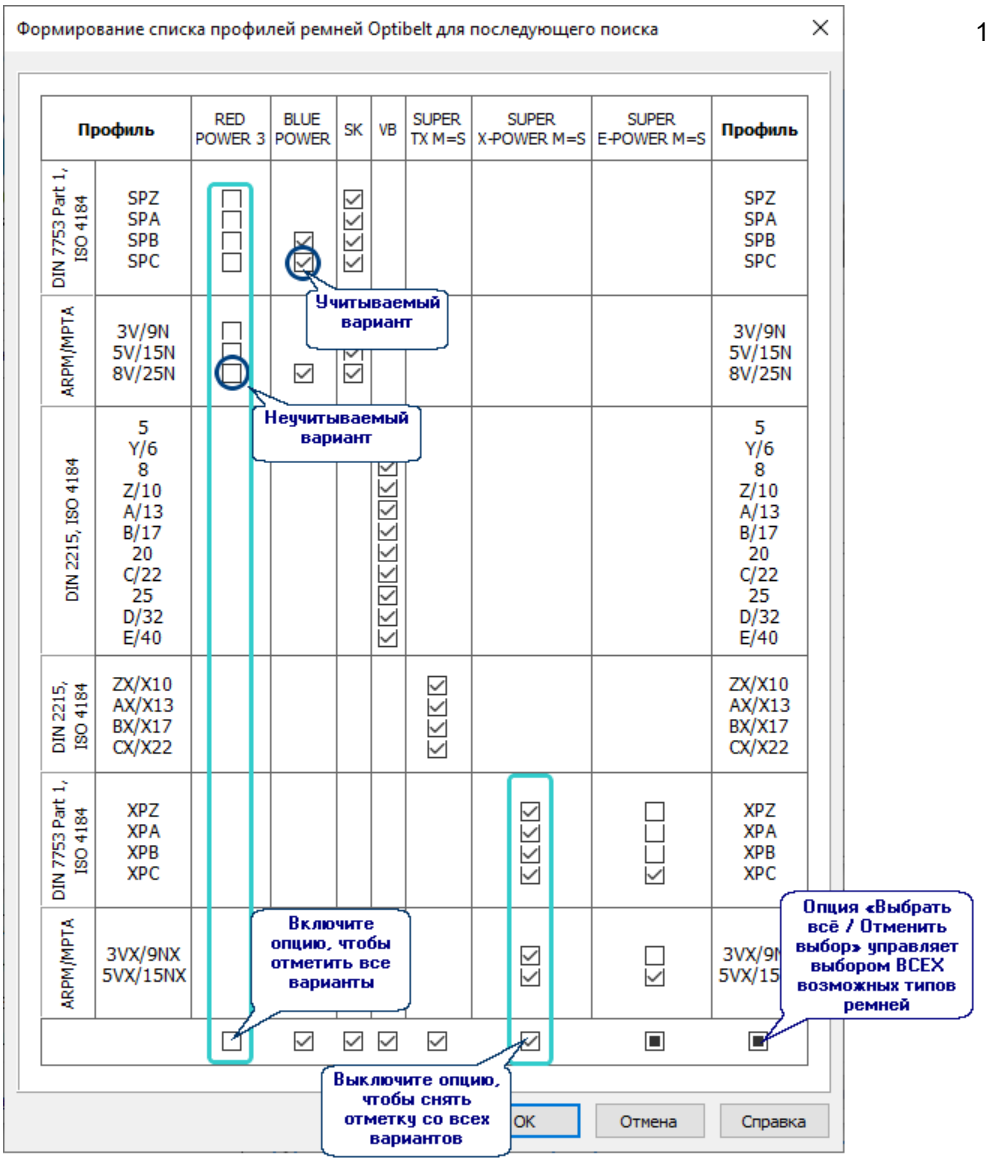
Если в качестве нормативного источника подбора ремней был выбран вариант ***Каталог Optibelt***, можно ограничить список ремней для поиска оптимальных вариантов передачи. Для этого нажмите на панели инструментов кнопку  ***Формирование списка профилей ремней для поиска*** и выполните необходимые действия в открывшемся окне 295.

Для управления расчетом и данными используйте кнопки инструментальной панели.

После нажатия кнопки  ***Расчет*** будет определен список передач 297, удовлетворяющих исходным данным.

Формирование списка ремней для поиска

Если в качестве нормативного источника подбора ремней клиноременной передачи выбран вариант ***Каталог Optibelt***, можно ограничить список ремней для поиска оптимальных вариантов передачи. Для этого нажмите на панели инструментов окна ***Проектный расчет*** 298 или ***Проверочный расчет*** 298 кнопку  ***Формирование списка профилей ремней для поиска***. На экране появится окно ***Формирование списка профилей ремней Optibelt для последующего поиска***, в котором перечислены возможные типы ремней из каталога фирмы Optibelt.



1. Отметьте типы ремней, среди которых необходимо вести поиск оптимальных вариантов.

   По умолчанию отмечены все типы. При необходимости щелчком мыши снимите отметки с тех типов ремней, которые не нужно учитывать при поиске оптимальных вариантов.

   Крайняя правая опция ***Выбрать всё / Отменить выбор*** позволяет одним щелчком мыши выбирать или отменять выбор всех возможных типов ремней.

2. Нажмите кнопку ***ОК***. Окно ***Формирование списка профилей ремней Optibelt для последующ***

его поиска закроется.

После этого расчет клиноременной передачи будет осуществляться с учетом наложенных ограничений.

Список подобранных передач

В окне ***Подобранные передачи*** отображается список передач, подобранных из общей базы, которые удовлетворяют исходным данным.

Подобранные передачи

Обозначение ремня	Диаметр ведущего шкива, мм d_{p1}	Диаметр ведомого шкива, мм d_{p2}	Длина ремня, мм L	Передаточное отношение u	Межцентровое расстояние, мм a	Количество ремней z	Допускаемая мощность, кВт N
SPZ Optibelt SK	63	112	3150	1.778	1437	3	2.901
SPZ Optibelt SK	67	118	3150	1.761	1429	3	3.374
SPZ Optibelt SK	71	125	3150	1.761	1421	3	3.846
SPZ Optibelt SK	75	132	3150	1.76	1412	3	4.313
SPZ Optibelt SK	80	140	3150	1.75	1402	3	4.898
SPZ Optibelt SK	85	150	3150	1.765	1390	3	5.463
SPZ Optibelt SK	90	160	3150	1.778	1378	3	6.049
SPZ Optibelt SK	95	170	3150	1.789	1366	3	6.614
SPZ Optibelt SK	100	180	3150	1.8	1354	3	7.179
SPZ Optibelt SK	106	190	3350	1.792	1442	3	7.915
SPZ Optibelt SK	112	200	3350	1.786	1429	3	8.587
SPA Optibelt SK	90	160	3182	1.778	1394	3	6.319

При работе со списком вы можете:

- отсортировать список по значению какого-либо параметра;

  Щелкните мышью в ячейке с обозначением параметра, по значению которого вы хотите выполнить сортировку. В ячейке появится серый треугольный маркер. Если вершина треугольника направлена вниз, данные сгруппируются в порядке возрастания значения параметра. Повторный щелчок приведет к перегруппировке данных в обратном направлении.

- изменить значения диаметров шкивов, а затем вернуться к первоначальным значениям;

  Чтобы изменить значения диаметров шкивов указанной передачи, воспользуйтесь командой ***Изменить диаметры шкивов***. Команду можно вызвать из контекстного меню, при помощи кнопки панели инструментов  или клавиши <***F4***>. Откроется окно ***Редактирование диаметров шкивов***. Измените текущие значения в полях ввода и нажмите кнопку ***ОК***. Окно закроется, значения параметров передачи будут пересчитаны.
  Чтобы вернуться к первоначальным значениям параметров передачи, воспользуйтесь командой ***Восстановить расчетные значения***. Команду можно вызвать из контекстного меню, при помощи кнопки панели инструментов  или клавиши <***F9***>.

- посмотреть результаты расчета по каждой передаче.

  Чтобы просмотреть результаты расчета указанной передачи и при необходимости вывести их на печать, воспользуйтесь командой ***Просмотр результата расчета***. Команду можно вызвать из контекстного меню, при помощи кнопки панели инструментов  или клавиши <***F3***>. Результаты расчета указанной передачи будут отображены в отдельном окне.

Обозначение клиновых ремней

Стандартизованы ремни следующих сечений:

ГОСТ 1284.1-89. Ремни клиновые - Z, A, B, C, D, E, E0.

ТУ 38-40534-75. Ремни клиновые узкие - УО, УА, УБ, УВ.

ГОСТ 5813-2015. Ремни вентиляторные клиновые – 1-8,5x8, I-10x11, I-14x13, II-12,5x9, II-16x11, II-9x12,5, II-21x14, AVX 10, AVX 13.

Каталог Optibelt:

DIN 7753 Part 1, ISO 4184 – SPZ, SPA, SPB, SPC, XPZ, XPA, XPB, XPC.
ARPM/MPTA – 3V/9N, 5V/15N, 8V/25N, 3VX/9NX, 5VX/15NX.
DIN 2215, ISO 4184 – 5, Y/6, 8, Z/10, A/13, B/17, 20, C/22, 25, D32, E/40, ZX/X10, AX/X13, BX/X17,CX/X22.

Для управления расчетом и данными используйте кнопки инструментальной панели.

Проектный расчет

Описание расчета 298;

Список подобранных передач 300.

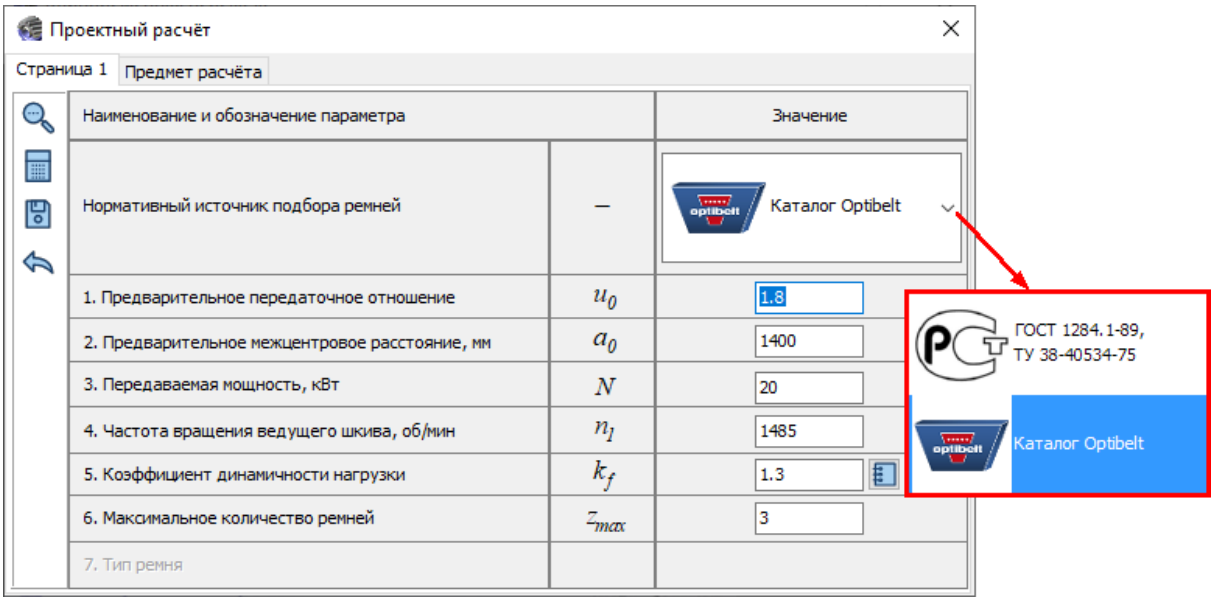
Описание расчета

Цель проектного расчета клиноременной передачи – подбор параметров передачи, оптимальных с точки зрения предъявляемых к ней требований и условий ее работы.

Проектный расчет передач, ремни которых соответствуют отечественным нормативным документам (ГОСТ 1284.1-89 и ТУ 38-40534-75), выполняются по рекомендациям, приведенным в учебнике «Детали машин» (автор Решетов Д.Н.). Расчеты передач с ремнями из каталога фирмы Optibelt (www.optibelt.com) выполняются по методиками этой фирмы.

Поля ввода исходных данных для расчета располагаются на одной странице.

Введите исходные данные, принимая во внимание нижеперечисленные особенности.



Особенности ввода некоторых данных:

- **нормативный источник подбора ремней**;

  Чтобы выбрать нормативный источник подбора ремней, нажмите кнопку выбора, расположенную в правой части поля ***Нормативный источник подбора ремней***, и укажите нужный вариант в раскрывшемся списке:

  - ***ГОСТ 1284.1-89, ТУ 38-40534-75***;
  - ***Каталог Optibelt***.

- **коэффициент динамичности нагрузки**.

  Чтобы выбрать коэффициент динамичности нагрузки, нажмите кнопку  , расположенную справа от поля ввода ***Коэффициент динамичности нагрузки***. Откроется окно ***Выбор коэффициента динамичности (коэффициента режима работы Kf)***, в котором необходимо будет выбрать нужное значение коэффициента в зависимости от режима работы, типа машины и характера нагрузки.

- **тип ремня** (если в качестве нормативного источника подбора ремней был выбран вариант ***ГОСТ 1284.1-89, ТУ 38-40534-75***).

  В **кордтканевых** ремнях корд выполнен в виде нескольких слоев кордткани с основой из крученых шнуров и тонких редких нитей утка. Такие ремни применимы при нестесненных габаритах передачи; в этом случае они обладают достаточной долговечностью.

  В **кордшнуровых** ремнях корд состоит из одного слоя кордшнура, намотанного по винтовой линии и заключенного в слой мягкой резины для уменьшения трения. Такие ремни, как более гибкие и долговечные, применяют для передач, работающих в напряженных условиях, в частности при необходимости шкивов малых диаметров.

  Происходит постепенный общий переход на **кордшнуровые** ремни.

Если в качестве нормативного источника подбора ремней был выбран вариант ***Каталог Optibelt***, можно ограничить список ремней для поиска оптимальных вариантов передачи. Для

этого нажмите на панели инструментов кнопку  ***Формирование списка профилей ремней для поиска*** и выполните необходимые действия в открывшемся окне 295.

Для управления расчетом и данными используйте кнопки инструментальной панели.

После нажатия кнопки  ***Расчет*** будет определен список передач 300, удовлетворяющих исходным данным.

Список подобранных передач

В окне ***Подобранные передачи*** отображается список передач, подобранных из общей базы, которые удовлетворяют исходным данным.



Обозначение ремня	Диаметр ведущего шкива, мм d_{p1}	Диаметр ведомого шкива, мм d_{p2}	Длина ремня, мм L	Передаточное отношение u	Межцентровое расстояние, мм a	Количество ремней z	Коэффициент запаса —
SPZ Optibelt RED POWER 3	180	315	3350	1.75	1284	3	1.046
SPZ Optibelt RED POWER 3	190	335	3350	1.763	1261	3	1.112
SPZ Optibelt RED POWER 3	200	355	3350	1.775	1237	3	1.179
SPZ Optibelt RED POWER 3	212	375	3350	1.769	1211	3	1.179
SPZ Optibelt RED POWER 3	224	400	3350	1.786	1182	3	1.179
SPZ Optibelt RED POWER 3	250	450	3350	1.8	1121	3	1.179
SPZ Optibelt RED POWER 3	280	500	3350	1.786	1057	3	1.179
SPZ Optibelt RED POWER 3	300	560	3350	1.867	991	3	1.173
SPZ Optibelt RED POWER 3	315	560	3350	1.778	980	3	1.175
SPZ Optibelt RED POWER 3	355	630	3350	1.775	891	3	1.17
SPZ Optibelt RED POWER 3	400	710	3350	1.775	788	3	1.167
SPA Optibelt RED POWER 3	150	265	3382	1.767	1364	3	1.09

При работе со списком вы можете:

- отсортировать список по значению какого-либо параметра;

  Щелкните мышью в ячейке с обозначением параметра, по значению которого вы хотите выполнить сортировку. В ячейке появится серый треугольный маркер. Если вершина треугольника направлена вниз, данные сгруппируются в порядке возрастания значения параметра. Повторный щелчок приведет к перегруппировке данных в обратном направлении.

- изменить значения диаметров шкивов, а затем вернуться к первоначальным значениям;

  Чтобы изменить значения диаметров шкивов указанной передачи, воспользуйтесь командой ***Изменить диаметры шкивов***. Команду можно вызвать из контекстного меню, при помощи кнопки панели инструментов  или клавиши <***F4***>. Откроется окно ***Редактирование диаметров шкивов***. Измените текущие значения в полях ввода вручную или выберите из списка значений 379. Чтобы раскрыть список, нажмите кнопку  , расположенную справа от полей ввода.
  Нажмите кнопку ***ОК***. Окно закроется, значения параметров передачи будут пересчитаны.
  Чтобы вернуться к первоначальным значениям параметров передачи, воспользуйтесь командой ***Восстановить расчетные значения***. Команду можно вызвать из контекстного меню, при помощи кнопки панели инструментов  или клавиши <***F9***>).

- посмотреть результаты расчета по каждой передаче.

Чтобы просмотреть результаты расчета указанной передачи и при необходимости вывести их на печать, воспользуйтесь командой ***Просмотр результата расчета***. Команду можно вызвать из контекстного меню, при помощи кнопки панели инструментов  или клавиши <***F3***>. Результаты расчета указанной передачи будут отображены в отдельном окне.

Обозначение клиновых ремней

Стандартизованы ремни следующих сечений:

ГОСТ 1284.1-89. Ремни клиновые - Z, A, B, C, D, E, E0.

ТУ 38-40534-75. Ремни клиновые узкие - УО, УА, УБ, УВ.

ГОСТ 5813-2015. Ремни вентиляторные клиновые – 1-8,5x8, I-10x11, I-14x13, II-12,5x9, II-16x11, II-9x12,5, II-21x14, AVX 10, AVX 13.

Каталог Optibelt:

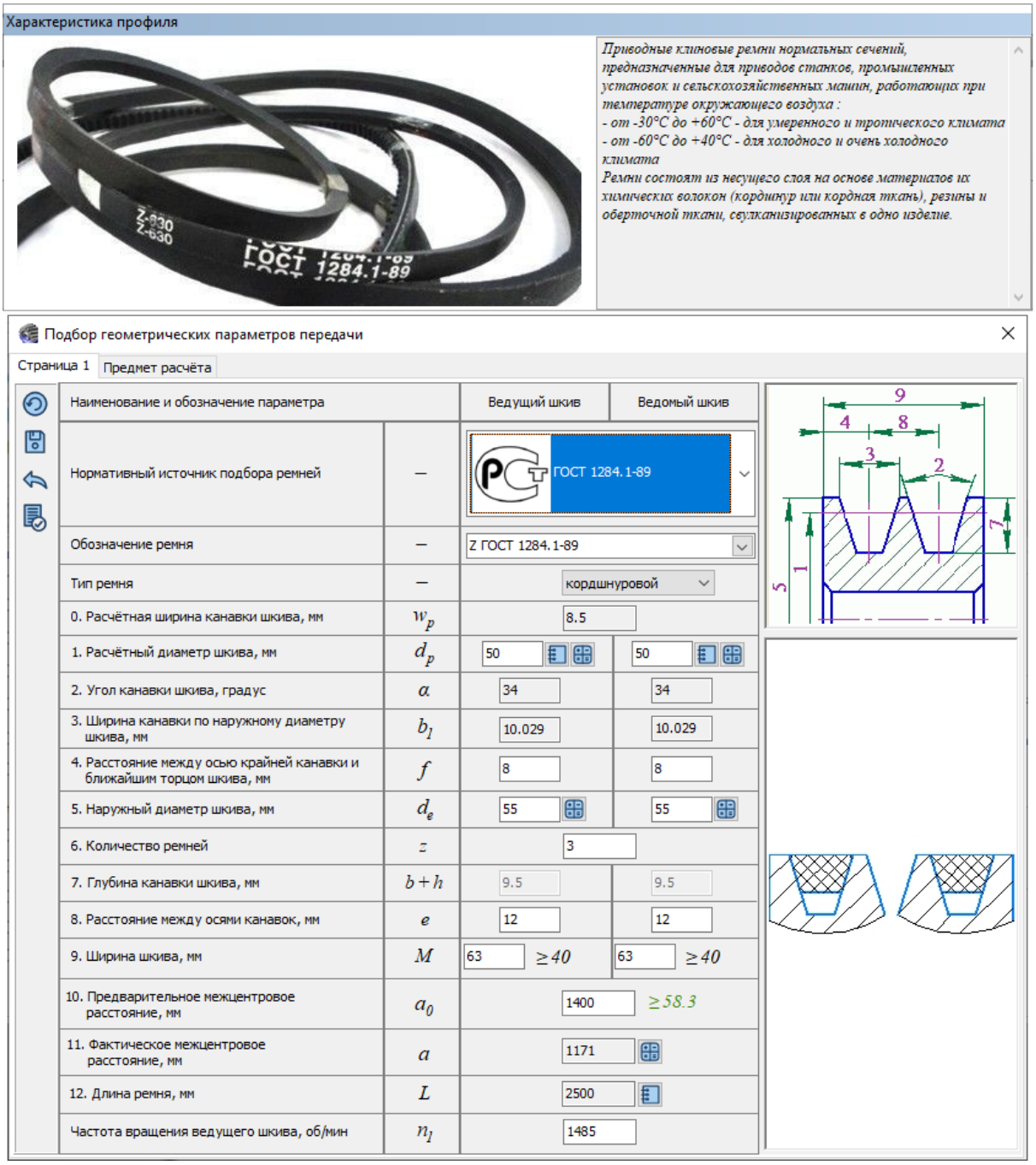
DIN 7753 Part 1, ISO 4184 – SPZ, SPA, SPB, SPC, XPZ, XPA, XPB, XPC.
ARPM/MPTA – 3V/9N, 5V/15N, 8V/25N, 3VX/9NX, 5VX/15NX.
DIN 2215, ISO 4184 – 5, Y/6, 8, Z/10, A/13, B/17, 20, C/22, 25, D32, E/40, ZX/X10, AX/X13, BX/X17,CX/X22.

Для управления расчетом и данными используйте кнопки инструментальной панели.

Подбор параметров шкивов

Подбор параметров шкивов клиноременной передачи осуществляется в зависимости от выбранного ремня.

1. Выберите нормативный источник подбора ремней. Для этого нажмите кнопку выбора, расположенную в правой части поля ***Нормативный источник подбора ремней***, и укажите нужный нормативный документ в раскрывшемся списке. Основные характеристики ремней из выбранного нормативного источника будут отображены на экране.
2. Выберите ремень, который будет использоваться в проектируемой передаче. Для этого нажмите кнопку выбора, расположенную в правой части поля ***Обозначение ремня***, и выберите нужный вариант в раскрывшемся списке. Список ремней, доступных для выбора, будет ограничен указанным нормативным источником.
3. При необходимости выберите тип ремня. Для этого нажмите кнопку выбора, расположенную в правой части поля ***Тип ремня***, и выберите нужный вариант в раскрывшемся списке.
4. После того как ремень будет выбран, значения остальных параметров передачи будут подобраны автоматически в соответствии со стандартом и подставлены в нужные поля ввода. Поля ввода параметров, доступных для редактирования, имеют белый фон. По умолчанию для них установлены минимально возможные значения. При необходимости откорректируйте эти значения. Чтобы вернуться к минимально возможным значениям, нажмите на панели инструментов кнопку  ***Установить минимальные значения параметров шкивов***.
5. При необходимости раскройте вкладку ***Предмет расчета*** и введите комментарии.
6. Для управления данными используйте кнопки инструментальной панели.



Особенности редактирования некоторых параметров

Расчетный диаметр шкива

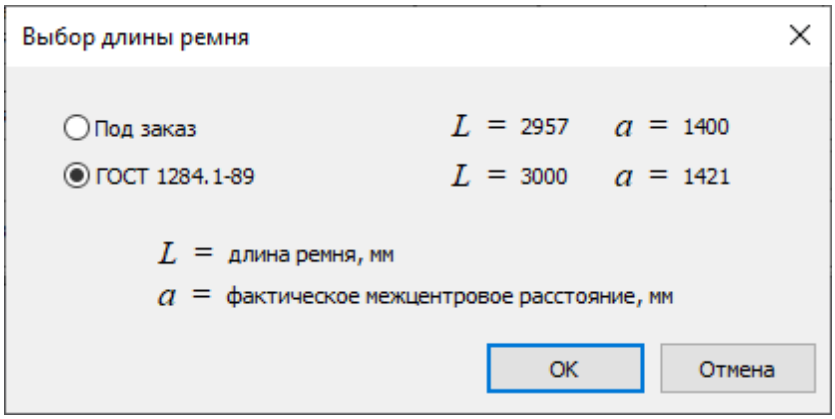
Значение можно ввести вручную или выбрать из списка значений[379]. Чтобы раскрыть список, нажмите кнопку, расположенную справа от поля ввода ***Расчетный диаметр шкива***.
Если наружный диаметр шкива был изменен, то для приведения в соответствие расчетного диаметра наружному нажмите кнопку, расположенную справа от поля ввода ***Расчетный диаметр шкива***.

Наружный диаметр шкива

Если наружный диаметр шкива был изменен, то для приведения его в соответствие расчетному диаметру нажмите кнопку , расположенную справа от поля ввода ***Наружный диаметр шкива***.

Выбор длины ремня по межцентровом расстоянию

После указания предварительного межцентрового расстояния потребуется выбрать ремень, длина которого его обеспечит. Для этого нажмите кнопку , расположенную справа от поля ***Фактическое межцентровое расстояние***. Откроется окно ***Выбор длины ремня***.



Для варианта ***Под заказ*** указана длина ремня, который обеспечит точное значение межцентрового расстояния, указанное в поле ***Предварительное межцентровое расстояние***.

Для варианта ***ГОСТ [номер]*** указана длина стандартного ремня, который обеспечит межцентровое расстояние, ближайшее к указанному в поле ***Предварительное межцентровое расстояние***.

Выберите подходящий вариант. Длина ремня появится в поле ***Длина ремня***.

Определение фактического межцентрового расстояния по длине ремня

Нажмите кнопку , расположенную справа от поля ***Длина ремня***. В открывшемся окне выберите длину ремня, который обеспечит межцентровое расстояние, ближайшее к указанному в поле ***Предварительное межцентровое расстояние***. Длина ремня появится в поле ***Длина ремня***, межцентровое расстояние - в поле ***Фактическое межцентровое расстояние***.

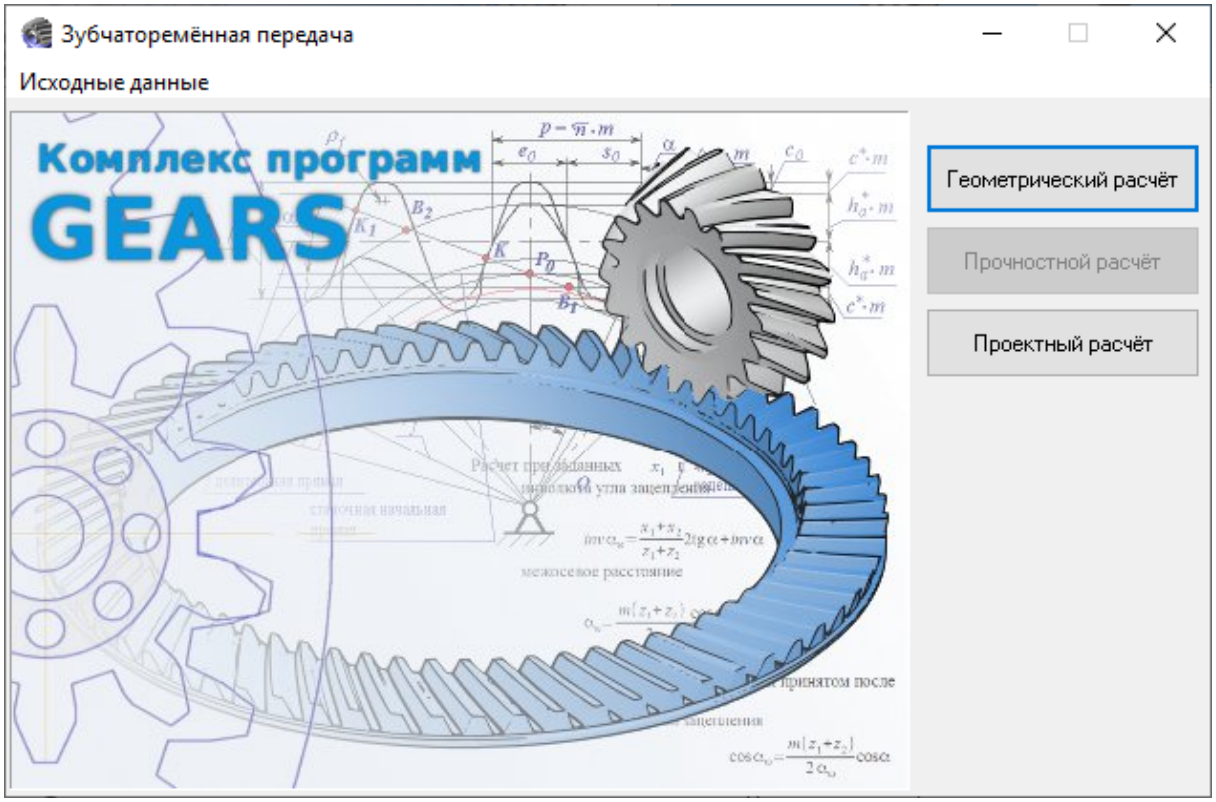
Расчеты зубчатоременной передачи

Средствами модуля *КОМПАС-GEARS* могут быть рассчитаны зубчатоременные передачи с ремнями, выполненными по отечественным стандартам, а также ремнями из каталога фирмы Optibelt (www.optibelt.com).

Для зубчатоременной передачи предусмотрено выполнение:

- геометрического расчета 304;
- проектного расчета 308;
- расчета на прочность 312.

Геометрический расчет и расчет на прочность выполняются последовательно.



Если предстоит рассчитывать модель элемента механических передач уже созданную в системе *Валы и механические передачи 2D*, геометрические параметры этого элемента будут переданы в *Модуль расчетов механических передач* автоматически.

Линейные размеры задаются в миллиметрах, а угловые - в градусах, минутах, секундах.

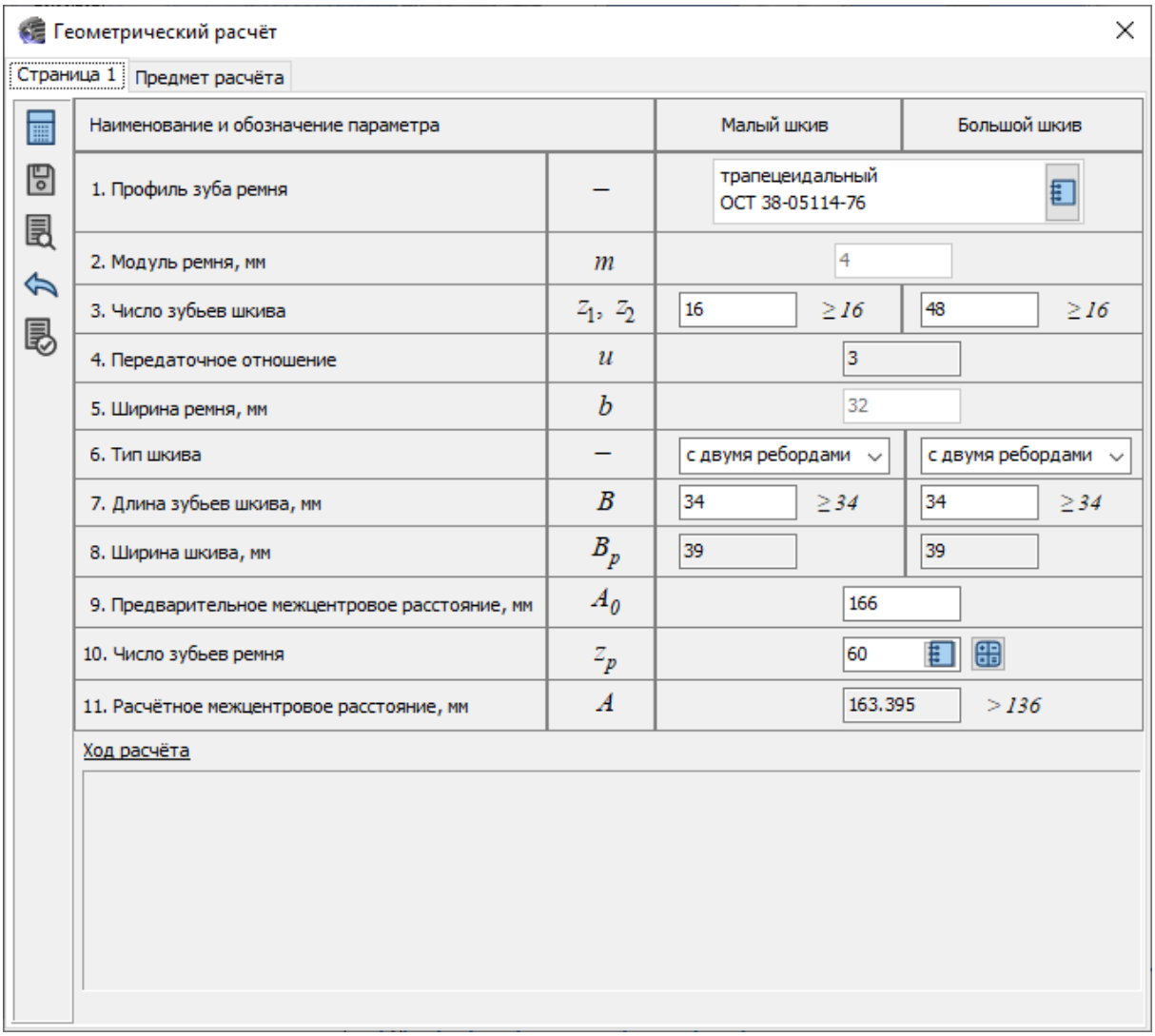
Вы можете сохранять исходные данные для расчета в файле формата **.belt_too_dat* при помощи команд строки меню ***Исходные данные*** 365 или непосредственно при выполнении расчетов. Впоследствии сохраненные данные можно будет загружать для расчета в модуль *КОМПАС-GEARS*.

Внимание! Расчет может быть произведен, если на компьютере установлен Дополнительный комплект 9 **системы *Валы и механические передачи 2D*.**

Геометрический расчет

Геометрический расчет зубчатоременной передачи выполняется согласно ГОСТ 16532-70 «Передачи зубчатые цилиндрические эвольвентные внешнего зацепления. Расчет геометрии», методикам фирмы Optibelt, а также авторским методикам В. Голованёва и Г. Свиридова.

Поля ввода исходных данных располагаются на одной странице. Информация, находящаяся на странице ***Предмет расчета***, носит описательный характер и относится ко всем видам расчетов.



Особенности ввода некоторых данных:

- **профиль зуба ремня**;

  Выбор профиля осуществляется в специальном диалоге[306], который открывается после нажатия кнопки  ***Выбор профиля ремня***, расположенной в правой части поля ***Профиль зуба ремня***.

- **модуль ремня и ширина ремня**;

  Значения подставляются автоматически в зависимости от выбранного ремня.

- **числа зубьев и ширина шкивов**;

  Числа зубьев и ширина шкивов вводят вручную с учетом рекомендаций, приведенных справа от полей ввода.

- **передаточное отношение**;

Определяется автоматически в зависимости от чисел зубьев шкивов.

- **тип шкива**;

  Шкив может быть спроектирован **без реборд**, **с одной ребордой** или **двумя ребордами**. Выберите нужный вариант из списка, который раскрывается после нажатия кнопки  . После выбора варианта конструкция шкива будет показана на слайде.

- **длина зубьев шкива**;

  Длины зубьев шкивов вводят вручную с учетом рекомендаций, приведенных справа от полей ввода.

- **ширина шкива**;

  Эти поля заполняются автоматически. Значение складывается из длины зубьев шкива и ширины реборд (если они имеются).

- **предварительное межосевое расстояние**;

  Вводится вручную.

- **число зубьев ремня**.

  Может быть:

  - выбрано из списка возможных значений, который открывается после нажатия кнопки  ;
  - подобрано таким образом, чтобы расчетное значение межосевого расстояния было как можно ближе к предварительному значению. Чтобы подобрать число зубьев ремня, нажмите кнопку  .

Для управления расчетом и данными используйте кнопки инструментальной панели.

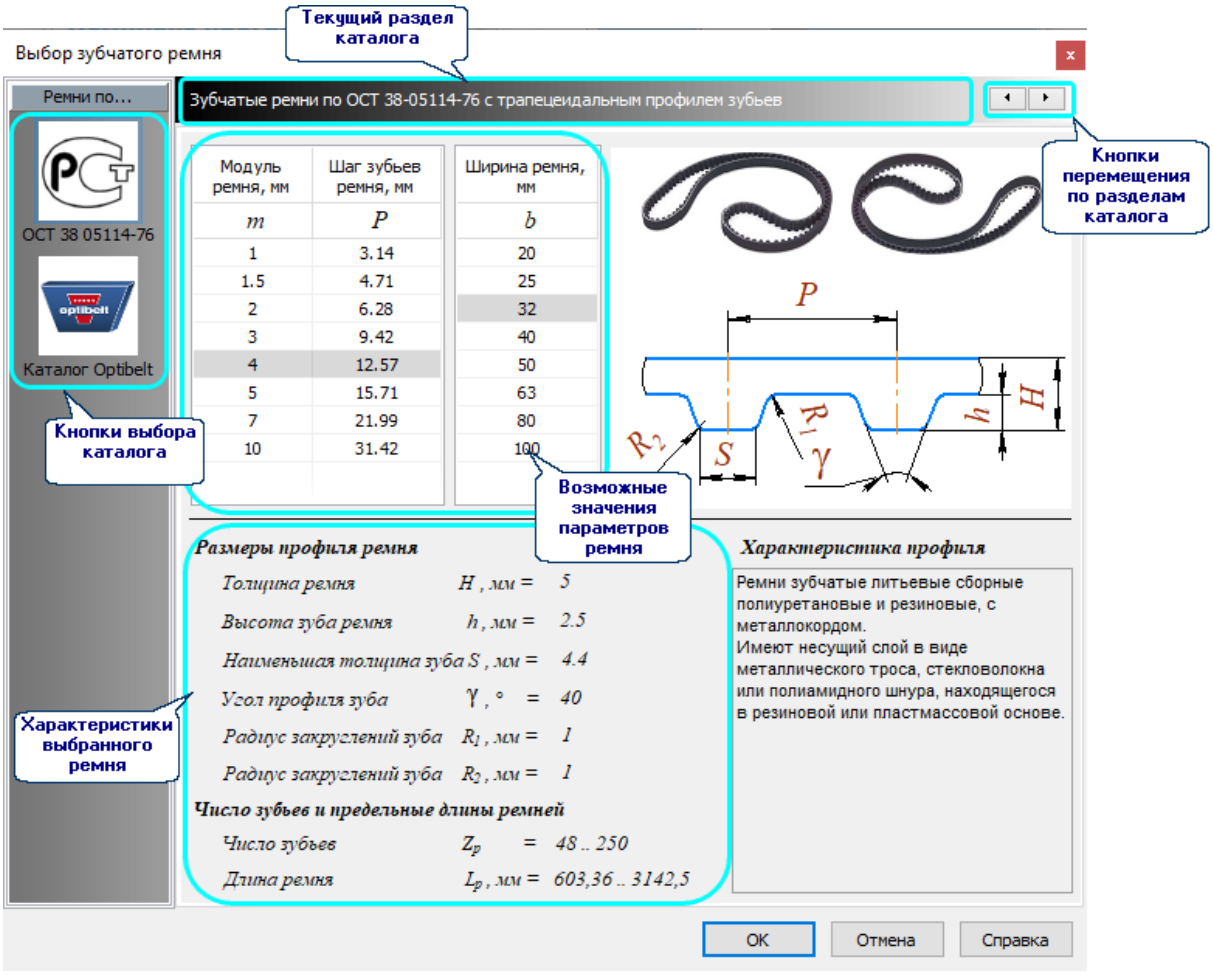
После выполнения расчета информация о ходе процесса его результатах появится в области ***Ход расчета***.

Выбор зубчатого ремня

Параметры зубчатоременной передачи зависят, в том числе, и от параметров зубчатого ремня.

Выбор ремня зубчатоременной передачи осуществляется в диалоге ***Выбор зубчатого ремня***, который открывается после нажатия кнопки  ***Выбор профиля ремня***, находящейся в окне ***Геометрический расчет***.

В окне представлен электронный каталог ремней, спроектированных по отечественным стандартам, а также каталог ремней фирмы Optibelt. Для каждого раздела каталога показано изображение ремня и приведена характеристика его профиля.



Чтобы подобрать ремень, выполните следующие действия.

1. Выберите нужный раздел каталога ремней одним из способов.

   1 способ. В левой части окна на панели ***Ремни по..*** нажмите кнопку, соответствующую нужному каталогу – ***ОСТ, ТУ и т.д*** или ***Каталог Optibelt***. При нажатии кнопки ***Каталог Optibelt***, раскроется дополнительное окно, в котором перечислены типы ремней (разделы каталога). Двойным щелчком мыши выберите нужный вариант.

   2 способ. Выберите нужный раздел каталога при помощи кнопок перемещения по разделам, расположенных в правой верхней части окна.

2. После выбора раздела каталога выберите параметры ремня. Для этого укажите в таблицах:

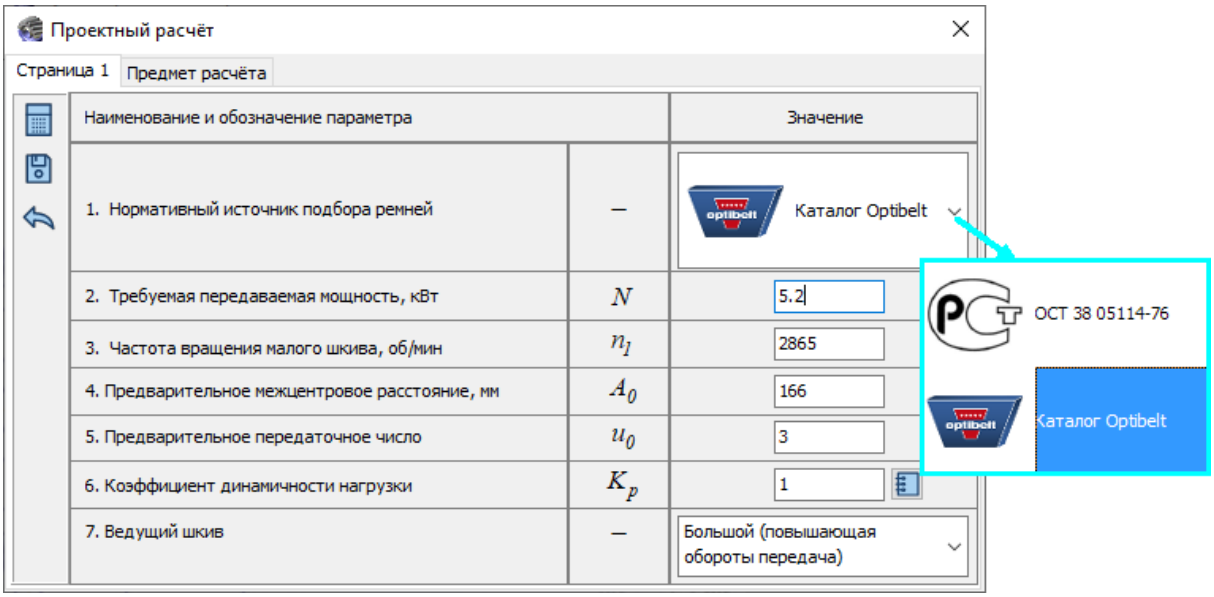
   - сочетание модуля и шага зубьев ремня;
   - ширину ремня.

   Характеристики выбранного ремня будут отображены в нижней части окна.

3. Нажмите кнопку ***ОК***. Значения параметров ***Профиль зуба ремня***, ***Модуль ремня*** и ***Ширина ремня*** появятся в окне ***Геометрический расчет***.

Проектный расчет

Цель проектного расчета зубчатоременной передачи – подбор параметров передачи, оптимальных с точки зрения предъявляемых к ней требований и условий ее работы.
В качестве нормативного источника подбора ремней может быть выбран ОСТ 38 05114-76 или каталог фирмы Optibelt (www.optibelt.com).



Введите данные на ***Странице 1***.

Особенности ввода некоторых данных:

- **нормативный источник подбора ремней**;

  Чтобы выбрать нормативный источник подбора ремней, нажмите кнопку с черным треугольником, расположенную в правой части поля ***Нормативный источник подбора ремней***, и выберите нужный вариант из раскрывшегося списка:

  - ***ОСТ 38 05114-76***;
  - ***Каталог Optibelt***.

- **коэффициент динамичности нагрузки**.

  Чтобы выбрать коэффициент динамичности нагрузки, нажмите кнопку  , расположенную справа от поля ввода ***Коэффициент динамичности нагрузки***. Откроется окно ***Выбор коэффициента динамичности (коэффициента режима работы Кр)***, в котором необходимо будет выбрать нужное значение коэффициента в зависимости от режима работы, типа машины и характера нагрузки. При необходимости потребуется указать основание для поправочного коэффициента.

Для управления расчетом и данными используйте кнопки инструментальной панели.

После нажатия кнопки ***Расчет*** откроется окно, предназначенной для выбора оптимальных вариантов передачи 309.

Выбор оптимальных вариантов передачи

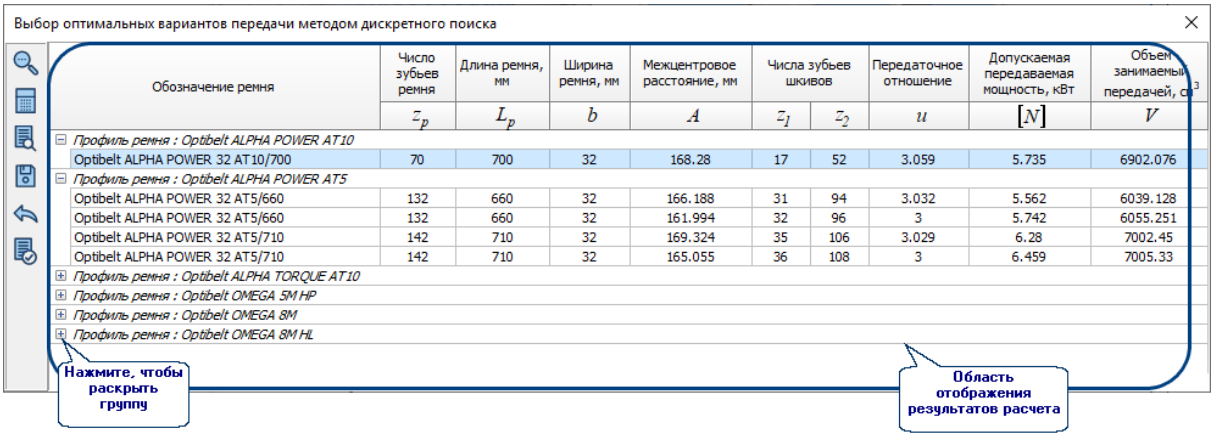
После того как в окне ***Проектный расчет*** 308 будет нажата кнопка ***Расчет***, откроется окно ***Выбор оптимальных вариантов передачи методом дискретного поиска***.

1. Если в качестве нормативного источника подбора ремней был выбран вариант ***Каталог Optibelt***, можно ограничить список ремней для поиска оптимальных вариантов передачи. Для этого нажмите на панели инструментов кнопку ***Формирование списка профилей ремней для поиска*** и выполните необходимые действия в открывшемся окне 310.

   Кнопка *Формирование списка профилей ремней для поиска* появляется на панели инструментов только в случае, если в качестве нормативного источника подбора ремней выбран вариант *Каталог Optibelt*.

2. Чтобы начать поиск оптимальных вариантов передачи, нажмите на панели инструментов кнопку ***Расчет***. По окончании процесса в окне появится таблица со списком вариантов передач, удовлетворяющих заданным условиям.
3. Для управления исходными данными и результатами поиска используйте кнопки инструментальной панели.
4. Для выполнения геометрического расчета варианта зубчатоременной передачи, указанного в таблице, нажмите кнопку ***Выбрать вариант и перейти к выполнению геометрического расчета***. Откроется окно ***Геометрический расчет*** 304, значения параметров выбранного варианта передачи появятся в соответствующих полях ввода.

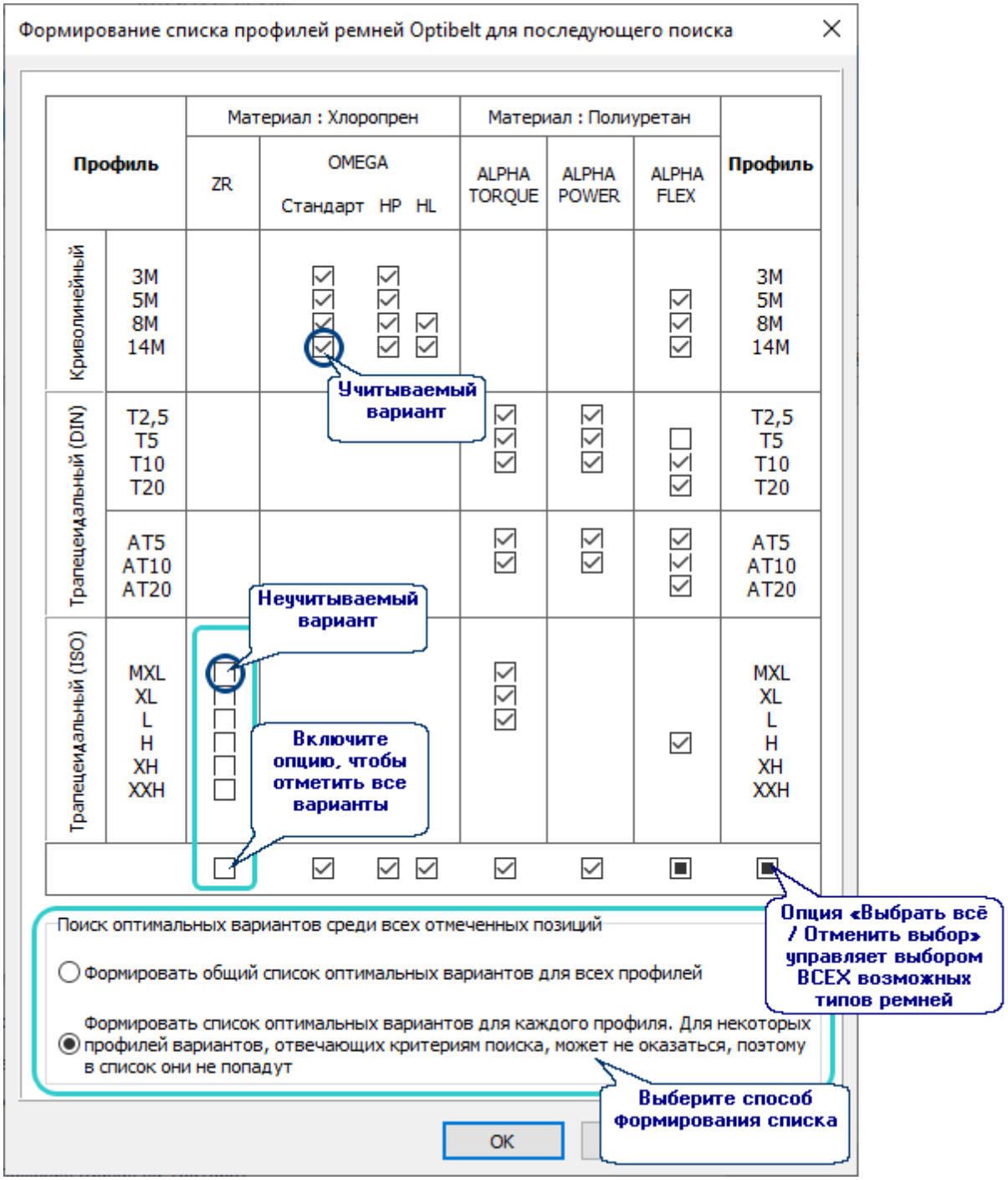
   Для просмотра отчета с результатами проектного расчета зубчатоременной передачи нажмите копку ***Просмотр результатов расчета***.



Обозначение ремня	Число зубьев ремня z_p	Длина ремня, мм L_p	Ширина ремня, мм b	Межцентровое расстояние, мм A	Числа зубьев шкивов z_1	z_2	Передаточное отношение u	Допускаемая передаваемая мощность, кВт $[N]$	Объем занимаемый передачей, см³ V
Профиль ремня : Optibelt ALPHA POWER AT10									
Optibelt ALPHA POWER 32 AT10/700	70	700	32	168.28	17	52	3.059	5.735	6902.076
Профиль ремня : Optibelt ALPHA POWER AT5									
Optibelt ALPHA POWER 32 AT5/660	132	660	32	166.188	31	94	3.032	5.562	6039.128
Optibelt ALPHA POWER 32 AT5/660	132	660	32	161.994	32	96	3	5.742	6055.251
Optibelt ALPHA POWER 32 AT5/710	142	710	32	169.324	35	106	3.029	6.28	7002.45
Optibelt ALPHA POWER 32 AT5/710	142	710	32	165.055	36	108	3	6.459	7005.33
Профиль ремня : Optibelt ALPHA TORQUE AT10									
Профиль ремня : Optibelt OMEGA 5M HP									
Профиль ремня : Optibelt OMEGA 8M									
Профиль ремня : Optibelt OMEGA 8M HL									

Формирование списка ремней для поиска

Если в качестве нормативного источника подбора ремней зубчатоременной передачи выбран вариант ***Каталог Optibelt***, можно ограничить список ремней для поиска оптимальных вариантов передачи. Для этого нажмите на панели инструментов окна ***Выбор оптимальных вариантов передачи методом дискретного поиска*** 309 кнопку  ***Формирование списка профилей ремней для поиска***. На экране появится окно ***Формирование списка профилей ремней Optibelt для последующего поиска***, в котором перечислены возможные типы ремней из каталога фирмы Optibelt.



1. Отметьте типы ремней, среди которых необходимо вести поиск оптимальных вариантов.

   По умолчанию отмечены все типы. При необходимости щелчком мыши снимите отметки с тех типов ремней, которые не нужно учитывать при поиске оптимальных вариантов.

   Крайняя правая опция ***Выбрать всё / Отменить выбор*** позволяет одним щелчком мыши выбирать или отменять выбор всех возможных типов ремней.

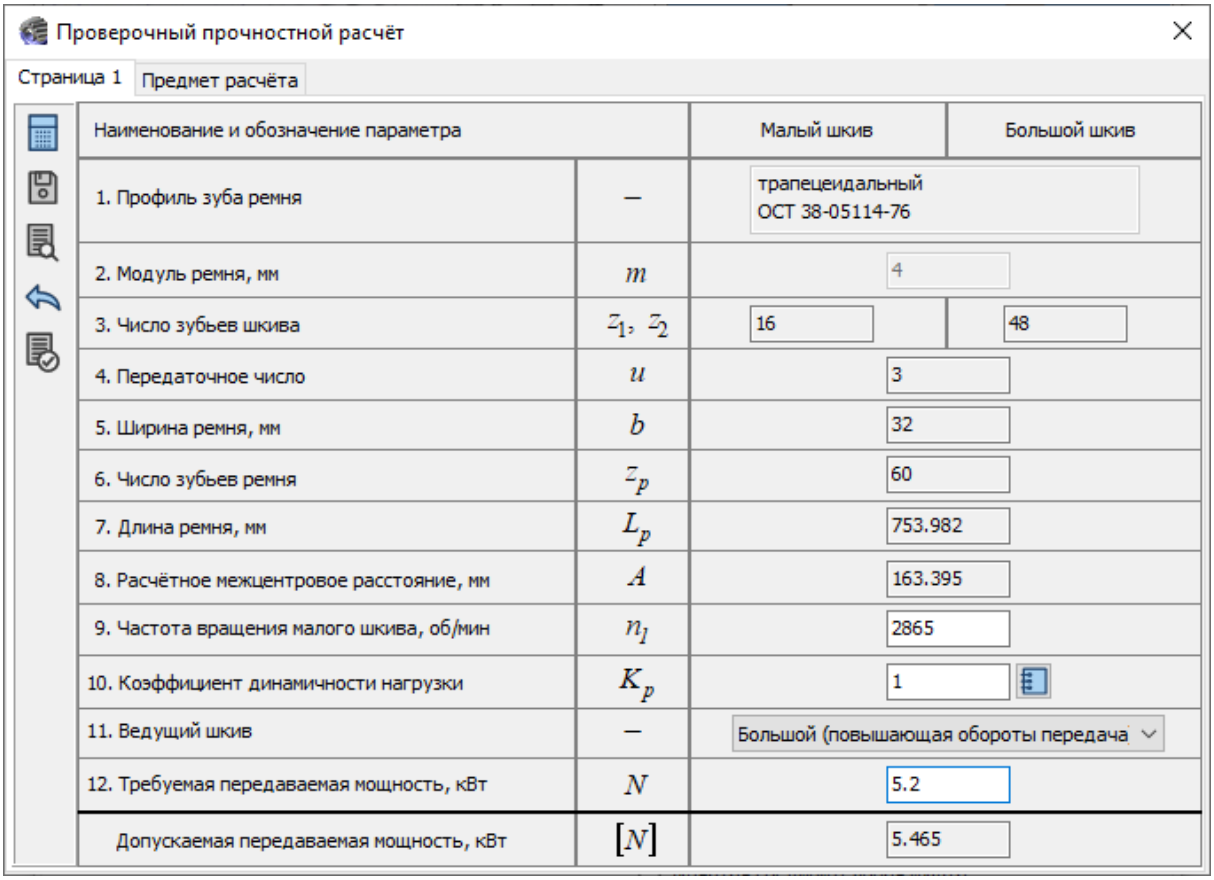
2. В группе ***Поиск оптимальных вариантов среди всех отмеченных позиций*** выберите один из способов формирования списка оптимальных вариантов.

3. Нажмите кнопку ***ОК***. Окно ***Формирование списка профилей ремней Optibelt для последующего поиска*** закроется. После этого в окне ***Выбор оптимальных вариантов передачи методом дискретного поиска*** 309 необходимо будет запустить поиск, нажав на панели инструментов кнопку  ***Расчет***.

Расчет на прочность

Проверочный расчет зубчатоременной передачи на прочность основан на методиках, разработанных компанией Optibelt, Germany (www.optibelt.com). Если потребуется выполнение более детального расчета зубчатоременной передачи с ремнями фирмы Optibelt, рекомендуется обращаться в региональное представительство Optibelt.

Проверочный расчет на прочность зубчатоременной передачи выполняется после выполнения ее геометрического расчета 304.
Поля ввода исходных данных располагаются на ***Странице 1***. Данные на странице ***Предмет расчета*** носят описательных характер и относится ко всем видам расчетов.



Введите данные на ***Странице 1***.

Особенности ввода некоторых данных:

- **ведущий шкив**;

Чтобы выбрать ведущий шкив, нажмите кнопку с черным треугольником, расположенную в правой части поля ***Ведущий шкив***, и выберите нужный вариант из раскрывшегося списка:

- ***Малый (понижающая обороты передача)***;
- ***Большой (повышающая обороты передача)***.

коэффициент динамичности нагрузки.

Чтобы выбрать коэффициент динамичности нагрузки, нажмите кнопку  , расположенную слева от поля ввода ***Коэффициент динамичности нагрузки***. Откроется окно ***Выбор коэффициента динамичности (коэффициента режима работы Кр)***, в котором необходимо будет выбрать нужное значение коэффициента в зависимости от режима работы, типа машины и характера нагрузки. При необходимости потребуется указать основание для поправочного коэффициента.

Для управления расчетом и данными используйте кнопки инструментальной панели.

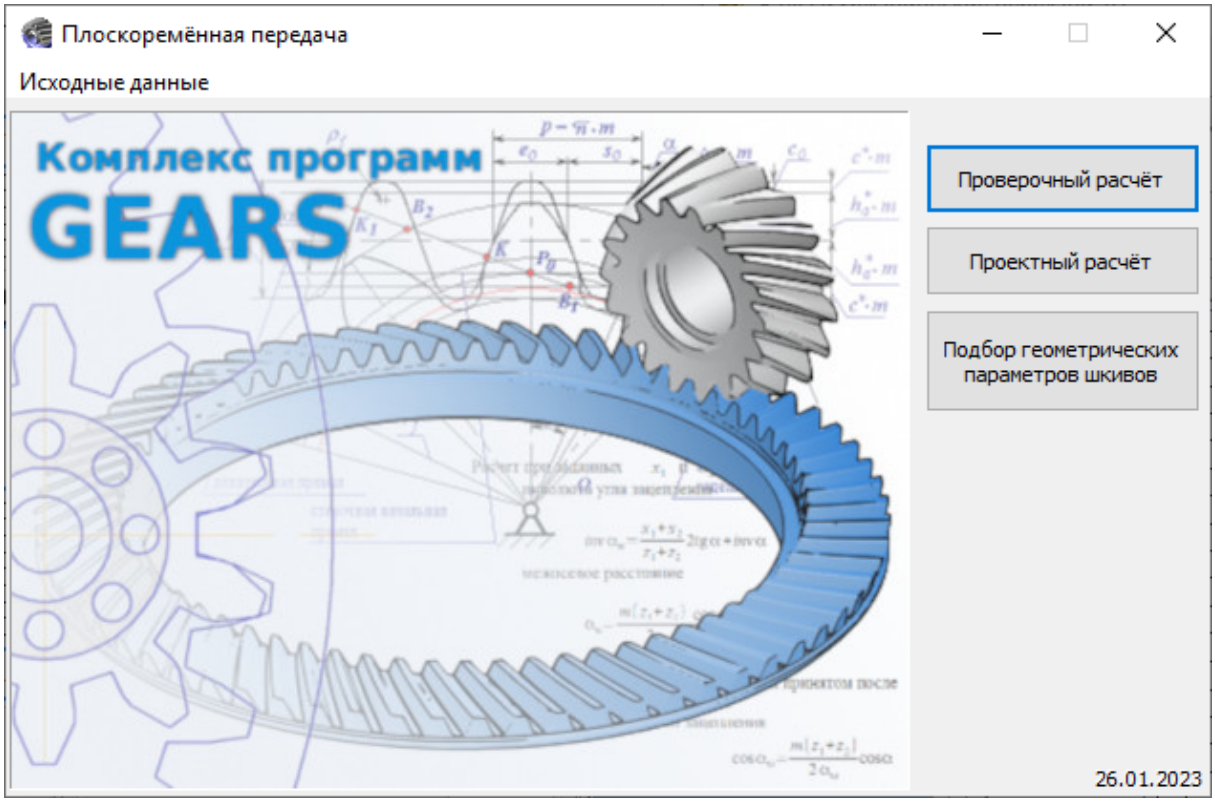
Расчеты плоскоременной передачи

Средствами модуля *КОМПАС-GEARS* могут быть рассчитаны плоскоременные передачи с ремнями, выполненными по отечественным стандартам.

Для плоскоременной передачи предусмотрено выполнение:

- проверочного расчета 314;
- проектного расчета 317,

а также подбор геометрических параметров шкивов 319.



Если предстоит рассчитывать модель элемента механических передач уже созданную в системе *Валы и механические передачи 2D*, геометрические параметры этого элемента будут переданы в *Модуль расчетов механических передач* автоматически.

Линейные размеры задаются в миллиметрах, а угловые - в градусах, минутах, секундах.

Вы можете сохранять исходные данные для расчета в файле формата **.default.belt_flt_dat* при помощи команд строки меню ***Исходные данные*** 365 или непосредственно при выполнении расчетов. Впоследствии сохраненные данные можно будет загружать для расчета в модуль *КОМПАС-GEARS*.

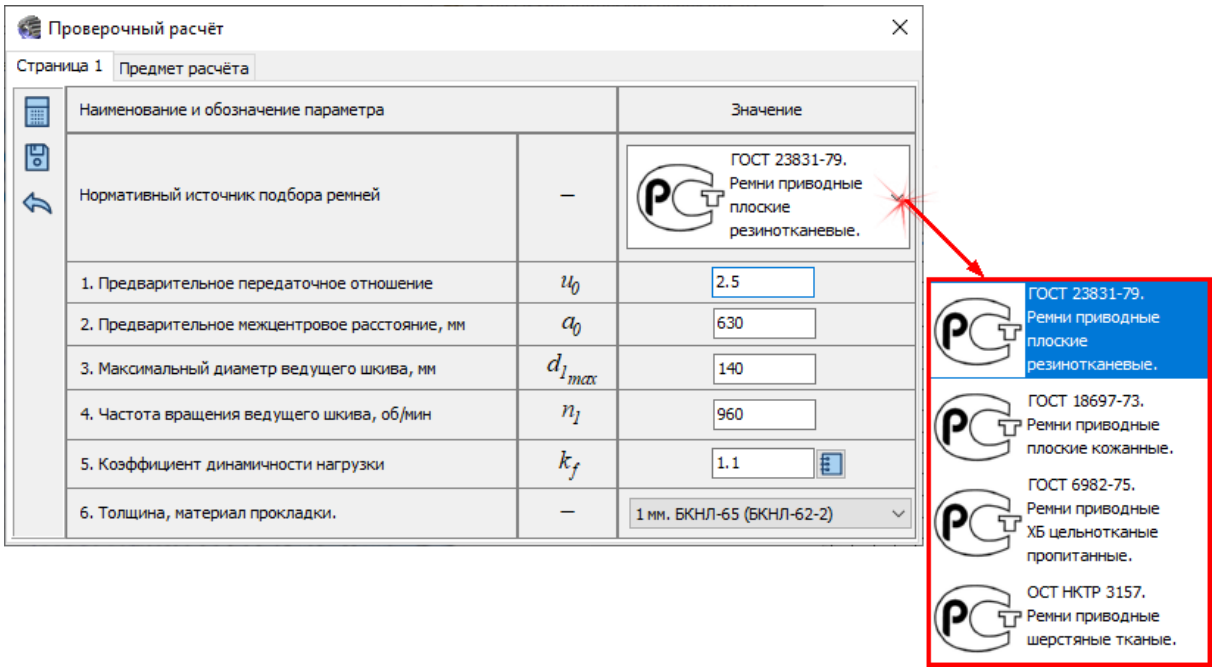
Внимание! Расчет может быть произведен, если на компьютере установлен Дополнительный комплект 9 **системы *Валы и механические передачи 2D*.**

Проверочный расчет

Проверочный расчет плоскоременных передач, ремни которых соответствуют отечественным нормативным документам, выполняются по рекомендациям, приведенным в учебнике «Детали машин» (автор Решетов Д.Н.).

Поля ввода исходных данных для расчета располагаются на одной странице.

Введите исходные данные, принимая во внимание нижеперечисленные особенности.



Особенности ввода некоторых данных:

- **нормативный источник подбора ремней**;

  Чтобы выбрать нормативный источник подбора ремней, нажмите кнопку выбора, расположенную в правой части поля ***Нормативный источник подбора ремней***, и укажите нужный вариант в раскрывшемся списке.

- **коэффициент динамичности нагрузки**;

  Чтобы выбрать коэффициент динамичности нагрузки, нажмите кнопку  , расположенную справа от поля ввода ***Коэффициент динамичности нагрузки***. Откроется окно ***Выбор коэффициента динамичности (коэффициента режима работы Kf)***, в котором необходимо будет выбрать нужное значение коэффициента в зависимости от режима работы, типа машины и характера нагрузки.

- **толщина, материал прокладки** (если в качестве нормативного источника подбора ремней был выбран вариант ***ГОСТ 23831-79***) или **толщина и количество слоев ремня** (если в качестве нормативного источника подбора ремней был выбран другой источник).

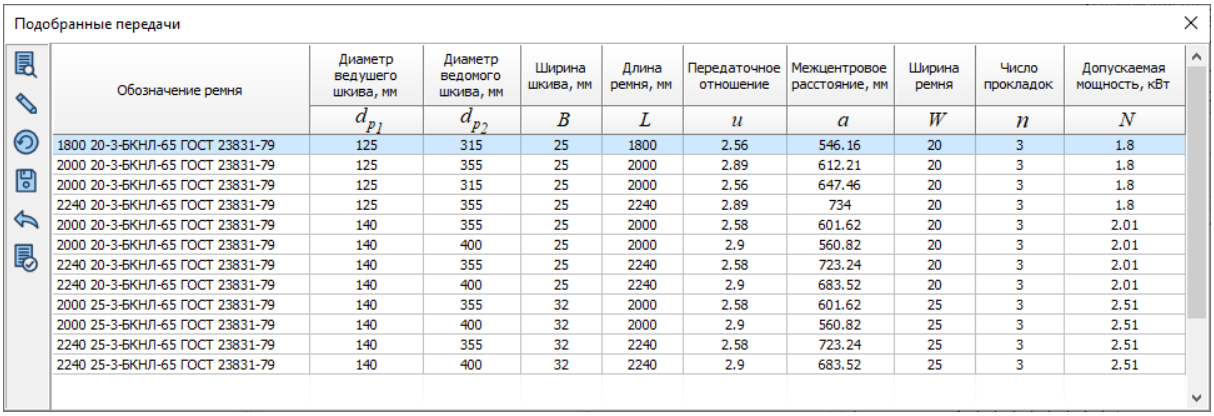
  Чтобы выбрать значения параметра, нажмите кнопку выбора, расположенную в правой части поля ***Толщина, материал прокладки*** (***Толщина, количество слоев ремня***), и укажите нужный вариант в раскрывшемся списке.

Для управления расчетом и данными используйте кнопки инструментальной панели.

После нажатия кнопки  ***Расчет*** будет определен список передач, удовлетворяющих исходным данным.

Список подобранных передач

В окне ***Подобранные передачи*** отображается список передач, подобранных из общей базы, которые удовлетворяют исходным данным.



Обозначение ремня	Диаметр ведущего шкива, мм d_{p1}	Диаметр ведомого шкива, мм d_{p2}	Ширина шкива, мм B	Длина ремня, мм L	Передаточное отношение u	Межцентровое расстояние, мм a	Ширина ремня W	Число прокладок n	Допускаемая мощность, кВт N
1800 20-3-БКНЛ-65 ГОСТ 23831-79	125	315	25	1800	2.56	546.16	20	3	1.8
2000 20-3-БКНЛ-65 ГОСТ 23831-79	125	355	25	2000	2.89	612.21	20	3	1.8
2000 20-3-БКНЛ-65 ГОСТ 23831-79	125	315	25	2000	2.56	647.46	20	3	1.8
2240 20-3-БКНЛ-65 ГОСТ 23831-79	125	355	25	2240	2.89	734	20	3	1.8
2000 20-3-БКНЛ-65 ГОСТ 23831-79	140	355	25	2000	2.58	601.62	20	3	2.01
2000 20-3-БКНЛ-65 ГОСТ 23831-79	140	400	25	2000	2.9	560.82	20	3	2.01
2240 20-3-БКНЛ-65 ГОСТ 23831-79	140	355	25	2240	2.58	723.24	20	3	2.01
2240 20-3-БКНЛ-65 ГОСТ 23831-79	140	400	25	2240	2.9	683.52	20	3	2.01
2000 25-3-БКНЛ-65 ГОСТ 23831-79	140	355	32	2000	2.58	601.62	25	3	2.51
2000 25-3-БКНЛ-65 ГОСТ 23831-79	140	400	32	2000	2.9	560.82	25	3	2.51
2240 25-3-БКНЛ-65 ГОСТ 23831-79	140	355	32	2240	2.58	723.24	25	3	2.51
2240 25-3-БКНЛ-65 ГОСТ 23831-79	140	400	32	2240	2.9	683.52	25	3	2.51

При работе со списком вы можете:

- отсортировать список по значению какого-либо параметра;

  Щелкните мышью в ячейке с обозначением параметра, по значению которого вы хотите выполнить сортировку. В ячейке появится серый треугольный маркер. Если вершина треугольника направлена вниз, данные сгруппируются в порядке возрастания значения параметра. Повторный щелчок приведет к перегруппировке данных в обратном направлении.

- изменить значения диаметров шкивов, а затем вернуться к первоначальным значениям;

  Чтобы изменить значения диаметров шкивов указанной передачи, воспользуйтесь командой ***Изменить диаметры шкивов***. Команду можно вызвать из контекстного меню, при помощи кнопки панели инструментов  или клавиши <***F4***>. Откроется окно ***Редактирование диаметров шкивов***. Измените текущие значения в полях ввода вручную или выберите из списка значений379. Чтобы раскрыть список, нажмите кнопку  , расположенную справа от полей ввода.
  Нажмите кнопку ***ОК***. Окно закроется, значения параметров передачи будут пересчитаны.
  Чтобы вернуться к первоначальным значениям параметров передачи, воспользуйтесь командой ***Восстановить расчетные значения***. Команду можно вызвать из контекстного меню, при помощи кнопки панели инструментов  или клавиши <***F9***>).

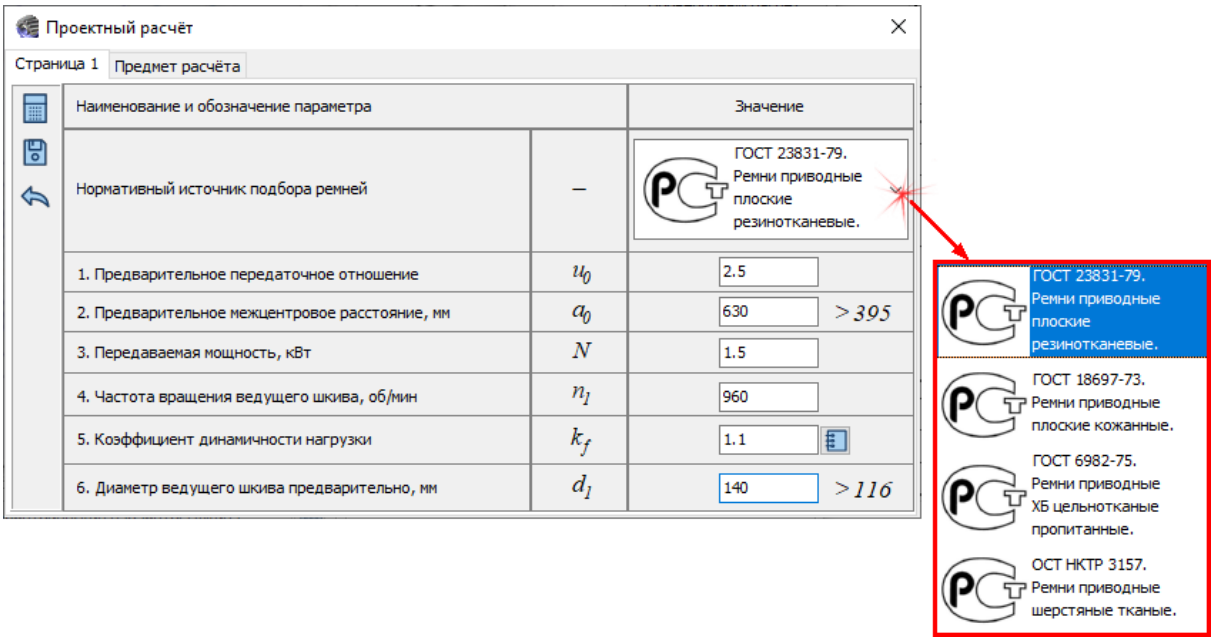
- посмотреть результаты расчета по каждой передаче.

  Чтобы просмотреть результаты расчета указанной передачи и при необходимости вывести их на печать, воспользуйтесь командой ***Просмотр результата расчета***. Команду можно вызвать из контекстного меню, при помощи кнопки панели инструментов  или клавиши <***F3***>. Результаты расчета указанной передачи будут отображены в отдельном окне.

Для управления расчетом и данными используйте кнопки инструментальной панели.

Проектный расчет

Цель проектного расчета плоскоременной передачи – подбор параметров передачи, оптимальных с точки зрения предъявляемых к ней требований и условий ее работы.
В качестве нормативного источника подбора ремней может быть выбран один из отечественных стандартов.



Введите данные на ***Странице 1***.

Особенности ввода некоторых данных:

- **нормативный источник подбора ремней**;

  Чтобы выбрать нормативный источник подбора ремней, нажмите кнопку с черным треугольником, расположенную в правой части поля ***Нормативный источник подбора ремней***, и укажите нужный вариант в раскрывшемся списке.

- **коэффициент динамичности нагрузки**.

  Чтобы выбрать коэффициент динамичности нагрузки, нажмите кнопку  , расположенную справа от поля ввода ***Коэффициент динамичности нагрузки***. Откроется окно ***Выбор коэффициента динамичности (коэффициента режима работы Кр)***, в котором необходимо будет выбрать нужное значение коэффициента в зависимости от режима работы, типа машины и характера нагрузки. При необходимости потребуется указать основание для поправочного коэффициента.

Для управления расчетом и данными используйте кнопки инструментальной панели.

После нажатия кнопки  ***Расчет*** будет определен список передач 318, удовлетворяющих исходным данным.

Список подобранных передач

В окне ***Подобранные передачи*** отображается список передач, подобранных из общей базы, которые удовлетворяют исходным данным.



Обозначение ремня	Диаметр ведущего шкива, мм d_{p1}	Диаметр ведомого шкива, мм d_{p2}	Ширина шкива, мм B	Длина ремня, мм L	Передаточное отношение u	Межцентровое расстояние, мм a	Ширина ремня W	Число прокладок n	Допускаемая мощность, кВт N
2000 20-3-БКНЛ-65 ГОСТ 23831-79	140	355	25	2000	2.58	601.62	20	3	2.01
2000 20-3-БКНЛ-65 ГОСТ 23831-79	140	400	25	2000	2.9	560.82	20	3	1.91
2240 20-3-БКНЛ-65 ГОСТ 23831-79	140	355	25	2240	2.58	723.24	20	3	1.82
2240 20-3-БКНЛ-65 ГОСТ 23831-79	140	400	25	2240	2.9	683.52	20	3	1.74
2240 25-3-БКНЛ-65 ГОСТ 23831-79	140	400	32	2240	2.9	683.52	25	3	2.17

При работе со списком вы можете:

- отсортировать список по значению какого-либо параметра;

  Щелкните мышью в ячейке с обозначением параметра, по значению которого вы хотите выполнить сортировку. В ячейке появится серый треугольный маркер. Если вершина треугольника направлена вниз, данные сгруппируются в порядке возрастания значения параметра. Повторный щелчок приведет к перегруппировке данных в обратном направлении.

- изменить значения диаметров шкивов, а затем вернуться к первоначальным значениям;

  Чтобы изменить значения диаметров шкивов указанной передачи, воспользуйтесь командой ***Изменить диаметры шкивов***. Команду можно вызвать из контекстного меню, при помощи кнопки панели инструментов  или клавиши <***F4***>. Откроется окно ***Редактирование диаметров шкивов***. Измените текущие значения в полях ввода и нажмите кнопку ***ОК***. Окно закроется, значения параметров передачи будут пересчитаны.
  Чтобы вернуться к первоначальным значениям параметров передачи, воспользуйтесь командой ***Восстановить расчетные значения***. Команду можно вызвать из контекстного меню, при помощи кнопки панели инструментов  или клавиши <***F9***>.

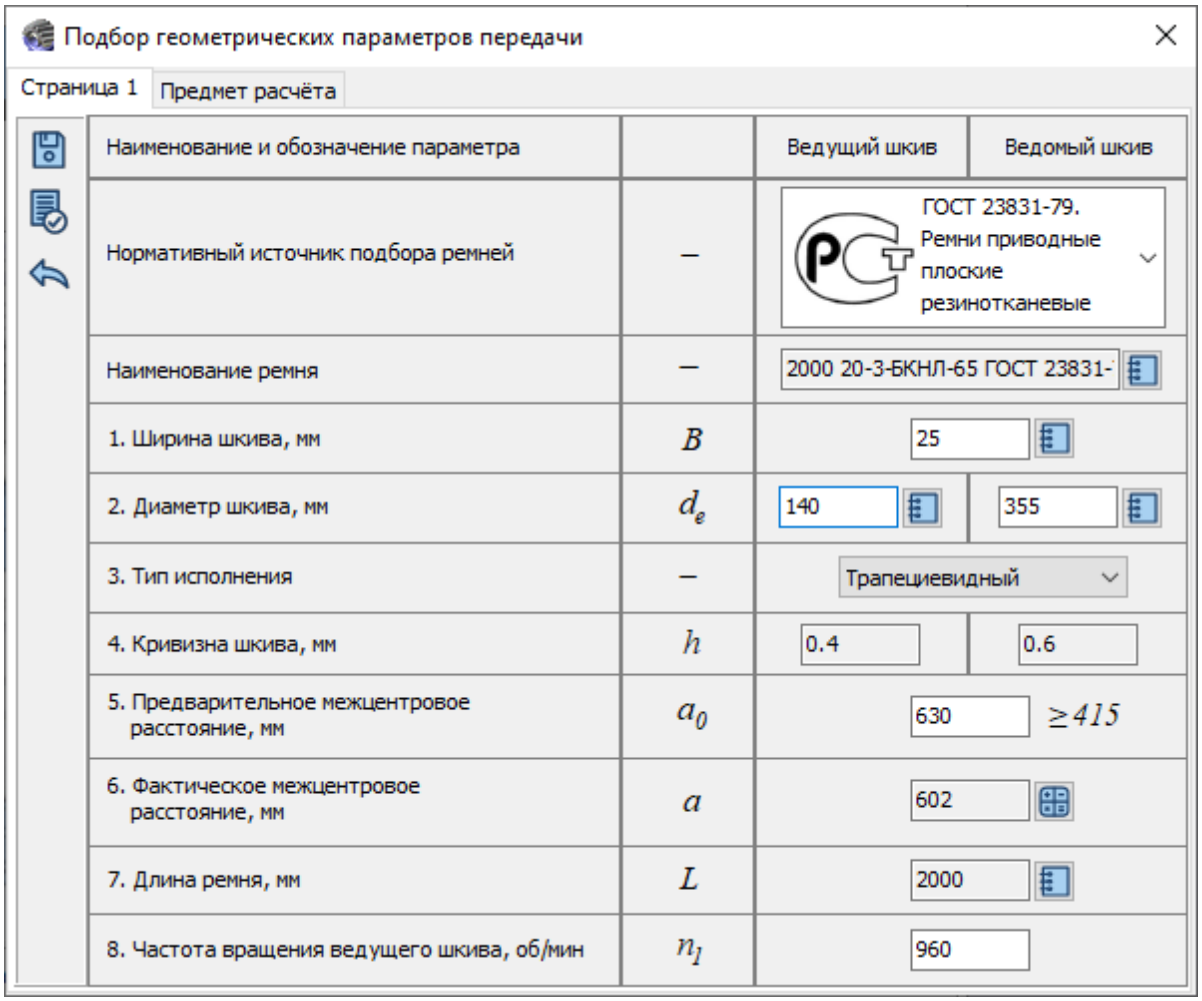
- посмотреть результаты расчета по каждой передаче.

  Чтобы просмотреть результаты расчета указанной передачи и при необходимости вывести их на печать, воспользуйтесь командой ***Просмотр результата расчета***. Команду можно вызвать из контекстного меню, при помощи кнопки панели инструментов  или клавиши <***F3***>. Результаты расчета указанной передачи будут отображены в отдельном окне.

Для управления расчетом и данными используйте кнопки инструментальной панели.

Подбор параметров шкивов

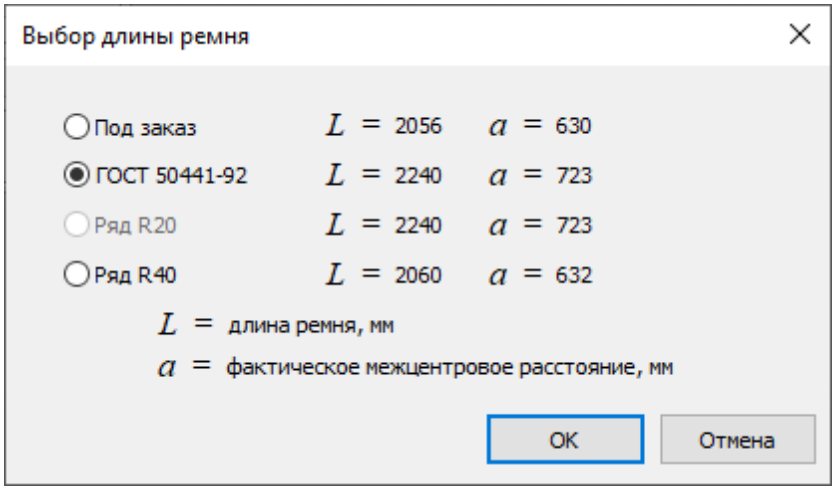
Подбор параметров шкивов плоскоременной передачи осуществляется в зависимости от выбранного нормативного источника подбора ремней.



1. Для выбора нормативного источника нажмите кнопку, расположенную в правой части поля ***Нормативный источник подбора ремней***, и укажите нужный нормативный документ в раскрывшемся списке.
2. Выберите ремень, который будет использоваться в проектируемой передаче. Для этого нажмите кнопку выбора, расположенную в правой части поля ***Наименование ремня***, и выберите нужный вариант в раскрывшемся списке. Список ремней, доступных для выбора, будет ограничен указанным нормативным источником.
3. Задайте значения параметров ***Диаметр шкива*** и ***Ширину шкива***. Значения можно ввести вручную или выбрать из списка379. Чтобы раскрыть список, нажмите кнопку, расположенную справа от соответствующего поля.

   Обратите внимание, диапазоны возможных значений этих параметров взаимозависимы. После определения значения одного из параметров списки возможных значений остальных параметров будут скорректированы. При заполнении полей вручную рекомендуется вводить те значения, которые входят в диапазоны значений из списков.

4. Выберите тип исполнения: ***Выпуклый***, ***Прямой*** или ***Трапециевидный***.
5. Если тип исполнения ***Выпуклый*** или ***Трапециевидный***, отображаются поля ввода значений параметра ***Кривизна шкива***. Значения параметру присваиваются автоматически в зависимости от диаметров шкивов. При необходимости их можно изменить.
6. Задайте ***Предварительное межцентровое расстояние***.
7. Выберите ремень, длина которого обеспечит предварительное межцентровое расстояние. Для этого нажмите кнопку , расположенную справа от поля ***Фактическое межцентровое расстояние***. Откроется окно ***Выбор длины ремня***.



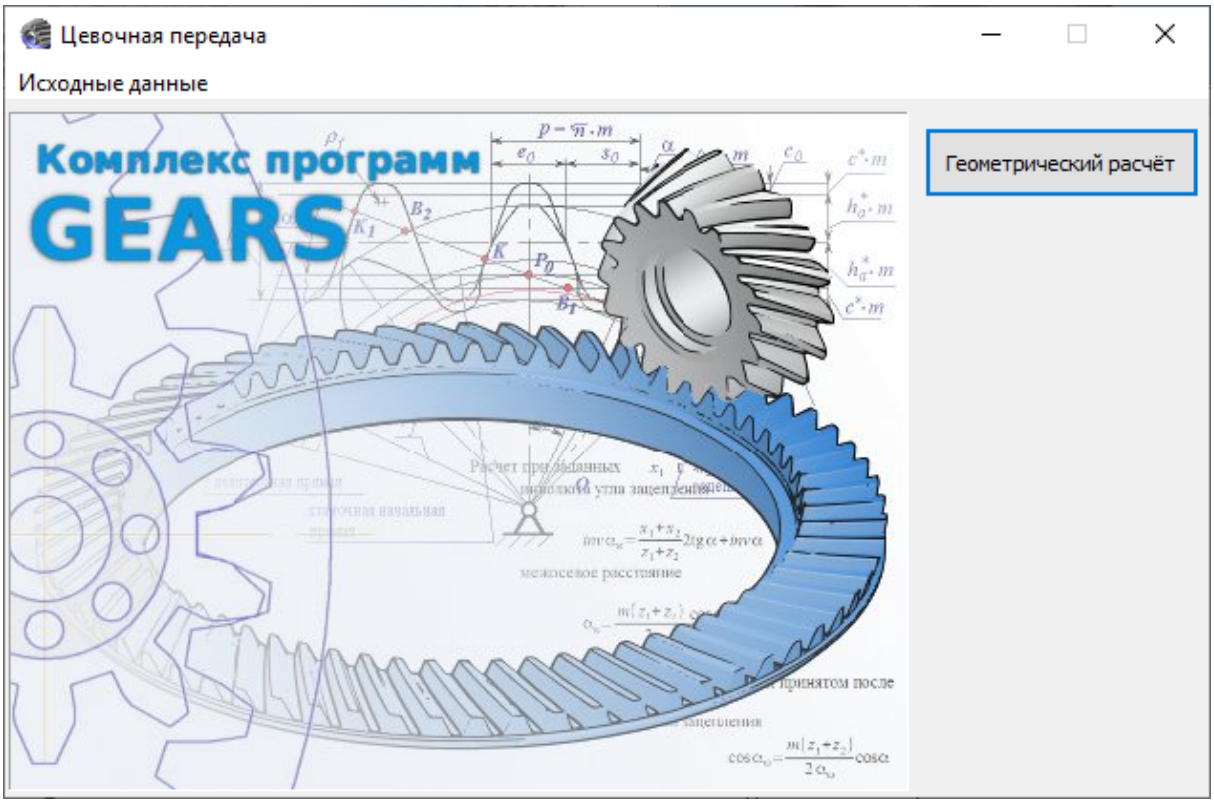
В окне показаны варианты, которые обеспечат точное значение межцентрового расстояния, указанное в поле ***Предварительное межцентровое расстояние***, и варианты, которые обеспечат межцентровое расстояние, ближайшее к указанному в этом поле.

Выберите подходящий вариант и нажмите кнопку ***ОК***. Длина ремня появится в поле ***Длина ремня***.

8. Для определения фактического межцентрового расстояния по длине ремня нажмите кнопку , расположенную справа от поля ***Длина ремня***. В открывшемся окне выберите длину ремня, который обеспечит межцентровое расстояние, ближайшее к указанному в поле ***Предварительное межцентровое расстояние***. Длина ремня появится в поле ***Длина ремня***, межцентровое расстояние - в поле ***Фактическое межцентровое расстояние***.
9. Задайте частоту вращения ведущего шкива.
10. Для управления данными используйте кнопки инструментальной панели.

Цевочные передачи

Средствами модуля *КОМПАС-GEARS* может быть выполнен геометрический расчет 321 цевочной передачи наружного, внутреннего и реечного зацепления. Методика расчета основана на материалах РТМ 31.4005-76 «Передачи цевочные. Расчёт, допуски и выполнение чертежей».



Если предстоит рассчитать модель элемента механической передачи, уже созданную в системе *Валы и механические передачи 2D*, геометрические параметры этого элемента будут автоматически переданы в *Модуль расчетов механических передач*.

Линейные размеры задаются в миллиметрах, а угловые - в градусах, минутах, секундах.

Вы можете сохранять исходные данные для расчета в файле формата **.lant_gea_dat* с помощью команд строки меню ***Исходные данные*** 365 или непосредственно при выполнении расчетов. Впоследствии сохраненные данные можно будет загружать для расчета в модуль *КОМПАС-GEARS*.

Внимание! Расчет может быть произведен, если на компьютере установлен Дополнительный комплект 9 **системы *Валы и механические передачи 2D*.**

Геометрический расчет

Варианты расчета 321;

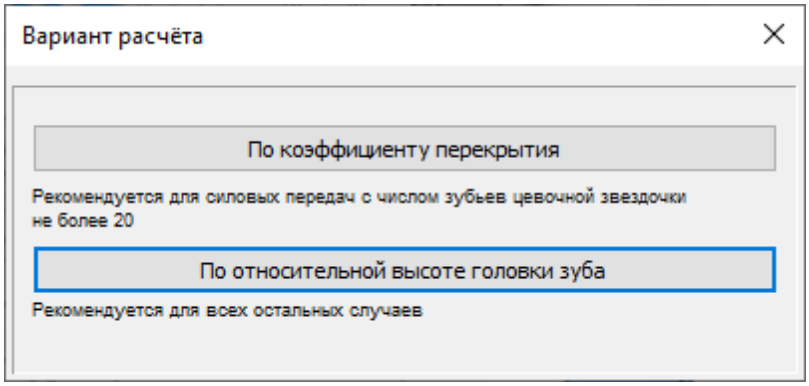
Описание расчета 322.

Варианты расчета

Выберите необходимый вариант расчета:

По коэффициенту перекрытия – этот вариант рекомендуется использовать для расчета силовых передач, когда число зубьев цевочной звездочки не больше 20.

По относительной высоте головки зуба – этот вариант рекомендуется использовать во всех остальных случаях.



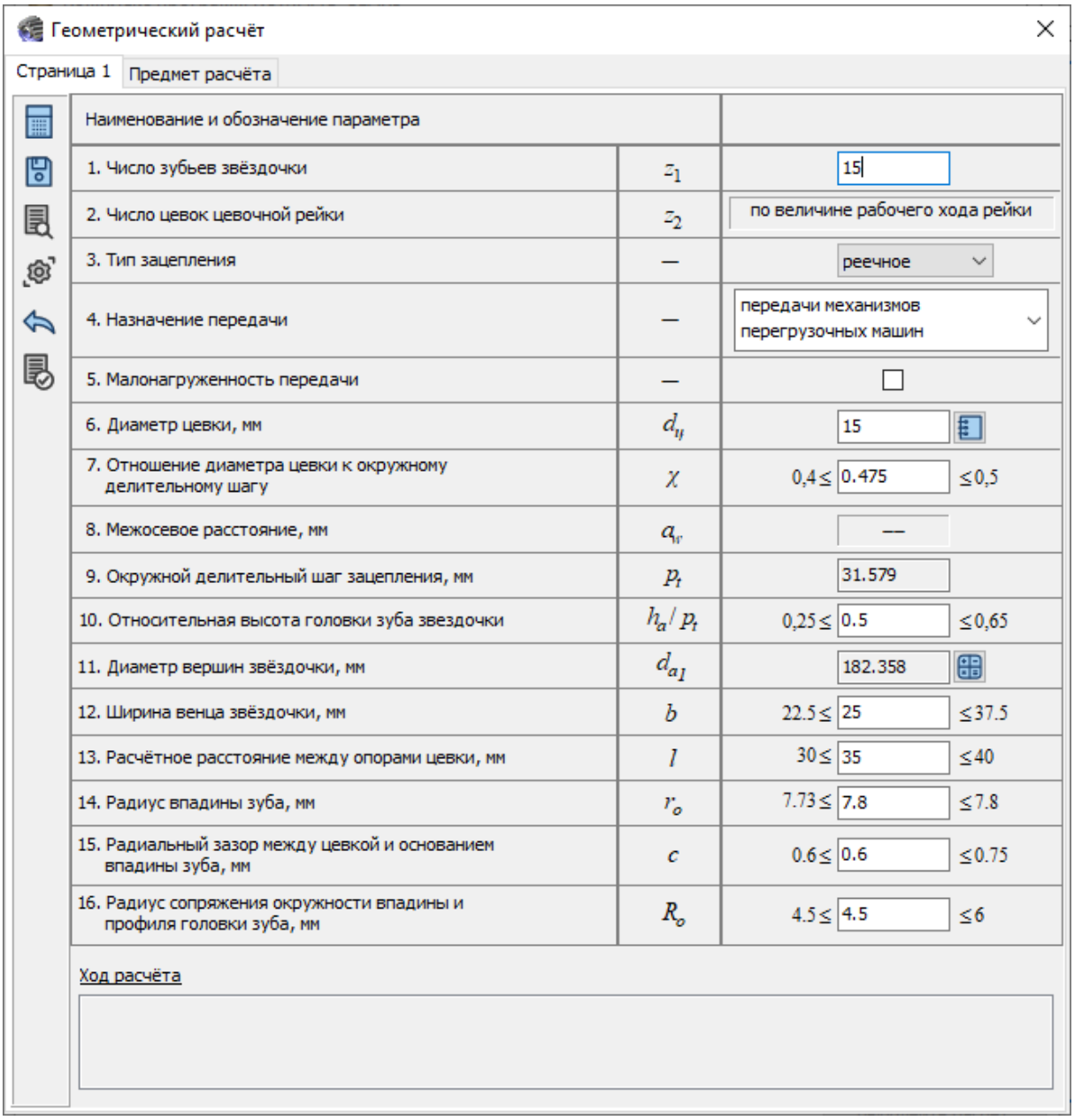
Описание расчета

Цели выполнения геометрического расчета:

- определение основных параметров передачи;
- определение размеров для контроля.

Поля ввода исходных данных располагаются одной странице. Данные на странице ***Предмет расчета*** (описательная информация о расчете) постоянны для всех расчетов передачи.

Введите данные на ***Странице 1***.



Особенности ввода некоторых данных:

- **число цевок**;

  Для наружного и внутреннего типа зацепления число цевок цевочного колеса вводится вручную, для реечного типа зацепления – определяется по величине рабочего хода рейки.

- **тип зацепления**;

  Для выбора доступно три варианта:

  - ***наружное***;
  - ***внутреннее***;

- ***реечное***.

- **коэффициент перекрытия (предварительный)** – необходим, если выбран вариант расчета[321] ***По коэффициенту перекрытия***;

  Коэффициент перекрытия и диаметр вершин звездочки – взаимозависимые величины. В связи с этим возможны два варианта действий:
  - задать коэффициент вручную – диаметр вершин звездочек будет автоматически посчитан и показан в поле ввода ***Диаметр вершин звездочки***;
  - задать диаметр вершин звездочек и посчитать коэффициент. Для этого нажмите кнопку  , расположенную справа от поля ***Диаметр вершин звездочки***. В открывшемся окне введите нужное значение диаметра и нажмите кнопку ***ОК***. Коэффициент перекрытия будет автоматически пересчитан, его значение появится в поле ***Коэффициент перекрытия (предварительный)***.

- **относительная высота головки зуба звездочки** – необходима, если выбран вариант расчета[321] ***По относительной высоте головки зуба***.

  Относительная высота головки зуба звездочки и диаметр вершин звездочки – взаимозависимые величины. В связи с этим возможны два варианта действий:
  - задать относительную высоту вручную – диаметр вершин звездочек будет автоматически посчитан и показан в поле ввода ***Диаметр вершин звездочки***;
  - задать диаметр вершин звездочек и посчитать относительную высоту. Для этого нажмите кнопку  , расположенную справа от поля ***Диаметр вершин звездочки***. В открывшемся окне введите нужное значение диаметра и нажмите кнопку ***ОК***. Относительная высота будет автоматически пересчитана, ее значение появится в поле ***Относительная высота головки зуба звездочки***.

Для управления расчетом и данными используйте кнопки инструментальной панели.

Во время выполнения расчета происходит диагностика рассчитываемой передачи по различным критериям и показателям. Результаты диагностики отображаются в области ***Ход расчета***. Если диагностируемые параметры удовлетворительны, результаты диагностики выделены зеленым цветом. Если неудовлетворительны – красным.
Чтобы получить информационное сообщение с рекомендациями по исправлению ошибок, наведите курсор мыши на неудовлетворительный результат диагностики.
Основной вывод по итогам диагностики передачи приведен в нижней части окна.

После выполнения расчета передачи можно визуализировать работу[380] зацепления. Для этого нажмите на панели инструментов кнопку  ***Визуализация зацепления*** и выполните необходимые действия в открывшемся окне.

В случае невыполнения каких-нибудь показателей качества зацепления выдаются информационные сообщения с рекомендациями.

Муфты

Средствами модуля *КОМПАС-GEARS* могут быть рассчитаны:

- зубчатые соединительные муфты[325];
- зубчатые глухие муфты[337].

Расчеты зубчатой соединительной муфты

В конструкторской практике широко распространены стандартные зубчатые соединительные муфты, параметры которых закреплены в ГОСТ 5006-55 и ГОСТ Р 50895-96. Несмотря на это, часто возникает необходимость в разработке оригинальных муфт.
Одним из этапов разработки является выполнение расчетов. В системе *КОМПАС-GEARS* предусмотрено три вида расчетов зубчатых соединительных муфт:

- геометрический расчет 325;
- расчет на прочность 333;
- проектный расчет 335.



Внимание! Расчет может быть произведен, если на компьютере установлен Дополнительный комплект 9 системы *Валы и механические передачи 2D*.

Геометрический расчет

Описание расчета 325;
Выбор муфты-прототипа 332.

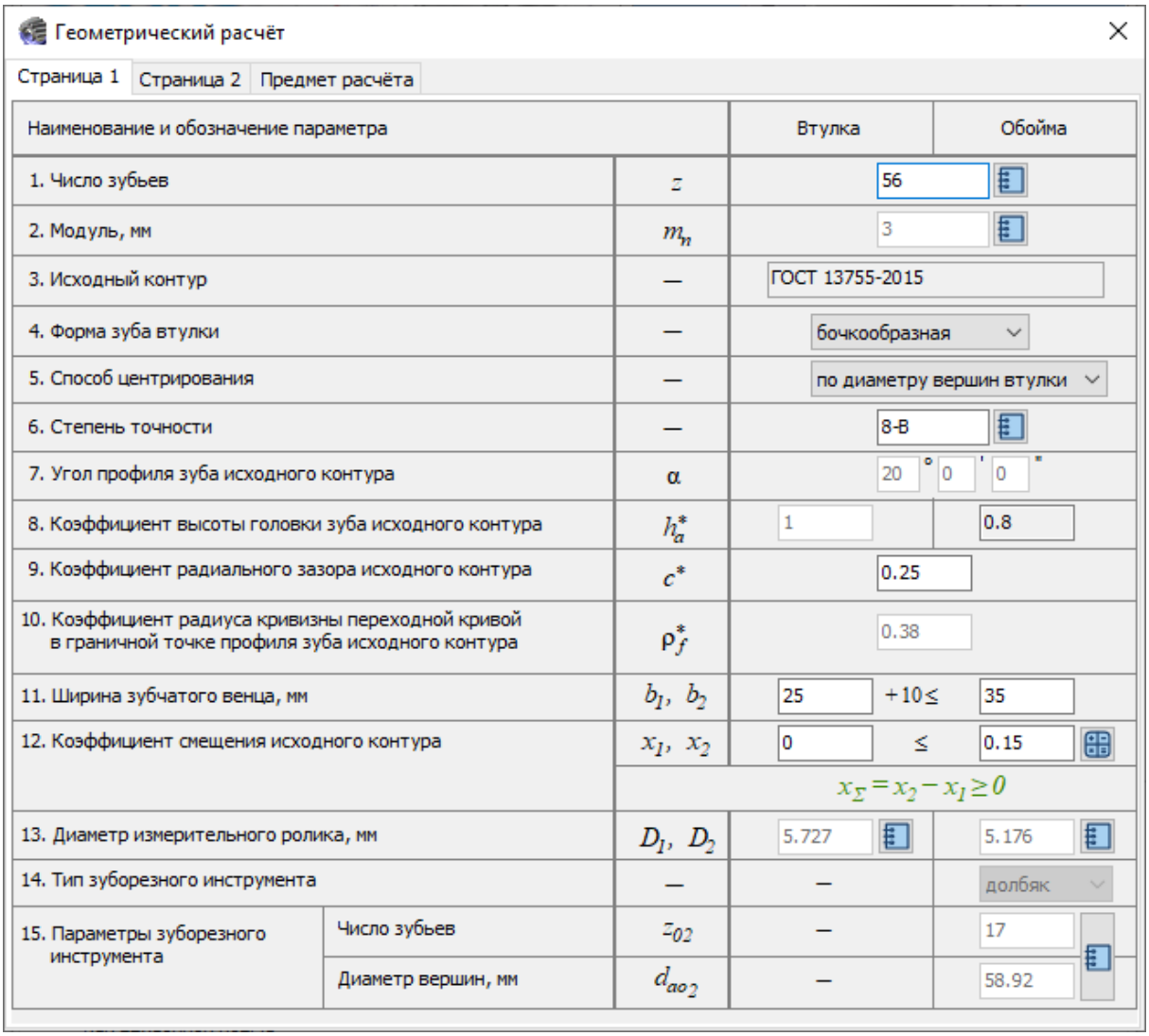
Описание расчета

Цели выполнения геометрического расчета зубчатой муфты:

- определение основных параметров втулки и обоймы;
- определение размеров для контроля;
- проверка качества зацепления по геометрическим показателям.

Поля ввода исходных данных располагаются на двух страницах. Переход на вторую страницу и выполнение расчета возможно только после ввода всех данных на первой странице.
Данные на странице ***Предмет расчета*** (описательная информация о расчете) постоянны для всех расчетов передачи (геометрия, прочность, проектный расчет).

Введите данные на ***Странице 1***.



Параметры муфты для выполнения расчета можно задать двумя способами:

- ввести вручную,
- использовать параметры стандартной муфты, выбранной в качестве прототипа.

В случае использования муфты-прототипа ее параметры, необходимые для расчета, будут отображены в соответствующих полях ввода окна ***Геометрический расчет***. При необходимости значения этих параметров можно будет откорректировать.

Чтобы выбрать муфту-прототип, нажмите кнопку ***Выбор прототипа из базы стандартных муфт для загрузки геометрических параметров***, расположенную справа от поля ввода ***Число зубьев***, и выполните действия в открывшемся окне 332.

Особенности ввода некоторых данных на Странице 1:

- **модуль**;

  Значения модуля стандартизованы. Чтобы выбрать модуль, нажмите кнопку ***Выбор модуля***, расположенную справа от поля ***Модуль***, и выполните необходимые действия в открывшемся окне ***Выбор модуля и исходного контура*** 22. Порядок работы при этом

будет аналогичен тому, который используется при выборе модуля цилиндрической шестерни зубчатой передачи.

- **степень точности** (назначается так же, как и для зубчатых цилиндрических передач);

  - **крупномодульные передачи**

    При назначении степени точности крупномодульных цилиндрических зубчатых передач необходимо руководствоваться следующими положениями.

    1. Согласно ГОСТ 1643-81 «Основные нормы взаимозаменяемости. Передачи зубчатые цилиндрические. Допуски» для цилиндрических зубчатых передач внешнего и внутреннего зацепления с прямозубыми, косозубыми и шевронными зубчатыми колесами устанавливаются двенадцать степеней точности зубчатых колес и передач, обозначаемых в порядке убывания точности цифрами **1**, **2**, **3**, **4**, **5**, **6**, **7**, **8**, **9**, **10**, **11**, **12**.
    2. Для каждой степени точности устанавливаются нормы кинематической точности, плавности работы и контакта зубчатых колес в передаче.
    3. Допускается комбинирование различных степеней точности и норм кинематической точности, плавности работы и контакта зубчатых колес.

       При комбинировании необходимо соблюдать следующие условия:
       - нормы плавности работы могут быть точнее (не более чем на две степени точности) или грубее (не более чем на одну степень точности) норм кинематической точности;
       - нормы контакта зубчатых колес могут назначаться по любым более точным степеням, а также на одну степень грубее, чем нормы плавности работы зубчатых колес и передач.
    4. Устанавливаются шесть видов сопряжений зубчатых колес – **A**, **B**, **C**, **D**, **E**, **H** и восемь видов допуска на боковой зазор – **x**, **y**, **z**, **a**, **b**, **c**, **d**, **h**. Значения приведены в порядке убывания величины бокового зазора и допуска на него.

       Виды сопряжений зубчатых колес в передаче в зависимости от степени точности по нормам плавности работы приведены в таблице.

Вид сопряжений	A	B	C	D	E	H
Степень точности по нормам плавности работы	3 – 12	3 – 11	3 – 9	3 – 8	3 – 7	3 – 7

    5. Видам сопряжений **A**, **B**, **C**, **D** соответствуют виды допуска на боковой зазор **a**, **b**, **c**, **d** соответственно, а видам сопряжений **H** и **E** – вид допуска на боковой зазор **h**.

       Соответствие между видом сопряжений зубчатых колес в передаче и видом допуска на боковой зазор можно изменять; также могут быть использованы виды допусков **x**, **y**, **z**.
    6. Точность изготовления зубчатых колес и передач задается степенью точности, а требования к боковому зазору – видом сопряжения по нормам бокового зазора.

    Примеры условного обозначения точности цилиндрической передачи:

    7 – C

    Такая запись означает, что зубчатая передача имеет степень точности **7** по всем трем нормам (кинематическая точность, норма плавности работы и норма контакта), вид сопряжения - **C** и вид допуска на боковой зазор - **c**.

8 – 7 – 6 – Ba

Такая запись означает, что зубчатая передача по норме кинематической точности имеет степень точности **8**, по норме плавности работы – **7**, по норме контакта – **6**. Вид сопряжения зубчатых колес — **B**, вид допуска на боковой зазор – **a**.

мелкомодульные передачи

При назначении степени точности мелкомодульных цилиндрических зубчатых передач необходимо руководствоваться следующими положениями.

1. Согласно ГОСТ 9178-81 «Основные нормы взаимозаменяемости. Передачи зубчатые цилиндрические мелкомодульные» для цилиндрических зубчатых передач внешнего и внутреннего зацепления с прямозубыми и косозубыми зубчатыми колесами с модулем от 0,1 до 1,0 (исключительно) устанавливаются двенадцать степеней точности зубчатых колес и передач, обозначаемых в порядке убывания точности цифрами **1**, **2**, **3**, **4**, **5**, **6**, **7**, **8**, **9**, **10**, **11**, **12**.
2. Для каждой степени точности устанавливаются нормы кинематической точности, плавности работы и контакта зубчатых колес в передаче.
3. Допускается комбинирование различных степеней точности и норм кинематической точности, плавности работы и контакта зубчатых колес.

   При комбинировании необходимо соблюдать следующие условия:
   - нормы плавности работы могут быть на одну степень точности точнее или грубее норм кинематической точности;
   - нормы контакта зубчатых колес могут назначаться по любым более точным степеням, а также на одну степень грубее, чем нормы плавности работы зубчатых колес и передач.
4. Для передач с нерегулируемым или регулируемым расположением осей устанавливается пять видов сопряжений зубчатых колес – **D**, **E**, **F**, **G**, **H** и четыре вида допуска на боковой зазор – **e**, **f**, **g**, **h**. Значения приведены в порядке убывания величины бокового зазора и допуска на него.

   Виды сопряжений зубчатых колес в передаче в зависимости от степени точности по нормам плавности работы приведены в таблице.

Вид сопряжений	**D**		**E**		**F**	**G**	**H**
Модуль m, мм	от 0,1 до 0,5	св. 0,5 до <1,0	от 0,1 до 0,5	св. 0,5 до 1,0	от 0,5 до <1,0		
Степень точности по нормам плавности работы	3 – 10	3 – 12	3 – 10	3 – 12	3 – 10	3 – 8	3 – 7

Примечание. Для зубчатых колес с модулем m <= 0,3 мм, подлежащих изготовлению полнопрофильным инструментом, и зубчатых колес с модулем m < 0,2 мм, подлежащих изготовлению инструментом c_{ε} открытым профилем, должна производиться проверка коэффициента перекрытия .

5. Видам сопряжений **D** и **E** соответствует вид допуска на боковой зазор **e**, а видам сопряжения **F**, **G**, **H –** виды допусков **f**, **g**, **h** соответственно.

Соответствие между видом сопряжений зубчатых колес в передаче и видом допуска на боковой зазор можно изменять; также могут быть использованы виды допусков **x**, **y**, **z**.

Соответствие между видом сопряжений зубчатых колес в передаче и видом допуска на боковой зазор можно изменять.

6. Точность изготовления зубчатых колес и передач задается степенью точности, а требования к боковому зазору – видом сопряжения по нормам бокового зазора.

Примеры условного обозначения точности цилиндрической передачи:

7 – G

Такая запись означает, что зубчатая передача имеет степень точности **7** по всем трем нормам (кинематическая точность, норма плавности работы и норма контакта), вид сопряжения - **G** и вид допуска на боковой зазор - **g**.

7 – 8 – 8 – Gf

Такая запись означает, что зубчатая передача по норме кинематической точности имеет степень точности **7**, по норме плавности работы – **8**, по норме контакта – **8**. Вид сопряжения зубчатых колес — **G**, вид допуска на боковой зазор – **f**.

- **коэффициент смещения исходного контура**;

  Значения коэффициентов смещения исходного контура втулки и обоймы должны удовлетворять условию, приведенному ниже полей ввода коэффициентов.
  Задав коэффициент смещения исходного контура втулки, можно рассчитать значение коэффициента смещения исходного контура обоймы. Для этого нажмите кнопку ***Расчет рекомендованного коэффициента смещения исходного контура обоймы***, расположенную справа от поля ввода коэффициента смещения исходного контура обоймы.

- **диаметр измерительного ролика**;

  Для контроля толщины зубьев у втулки и обоймы зубчатой муфты используются ролики.
  По умолчанию в полях ввода отображается рекомендованное значение диаметра. Чтобы выбрать другой диаметр, нажмите кнопку ***Подбор диаметра***, расположенную справа от полей ***Диаметр измерительного ролика***. Порядок работы при этом будет таким же, как и при выборе диаметра 378 измерительного ролика (шарика) для цилиндрической шестерни внешнего зацепления.
  Чтобы вернуться к рекомендованному значению, нажмите клавишу ***<F10>***.

- **параметры зуборезного инструмента**.

  Выбор параметров зуборезного инструмента (долбяка 369) для изготовления обоймы осуществляется в специальном диалоге, который открываются после нажатия кнопки ***Выбор (тип инструмента)***.

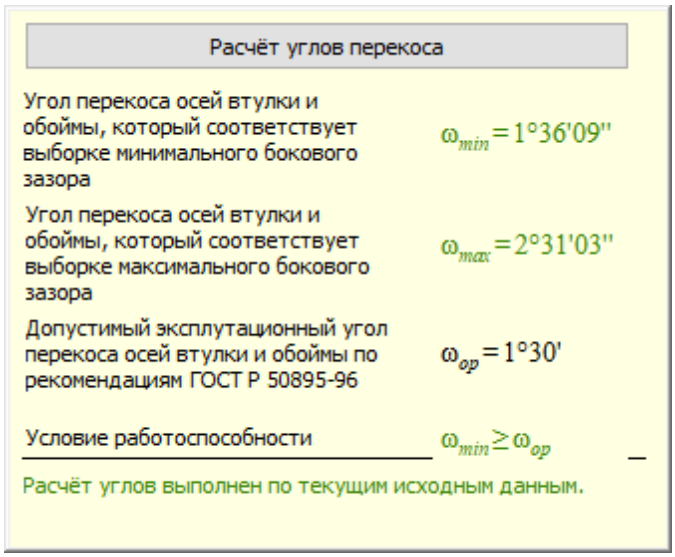
Расчет углов перекоса

Согласно техническим требованиям (ГОСТ Р 50895-96 Муфты зубчатые. Технические условия) в собранной муфте зубчатые втулки должны перемещаться в осевом направлении и отклоняться в пределах допустимого для муфты угла перекоса во всех направлениях. Максимальный угол перекоса оси каждой втулки относительно оси обоймы, возникающий в процессе эксплуатации, должен быть:

- не более 1°30' при бочкообразной форме зуба втулки;

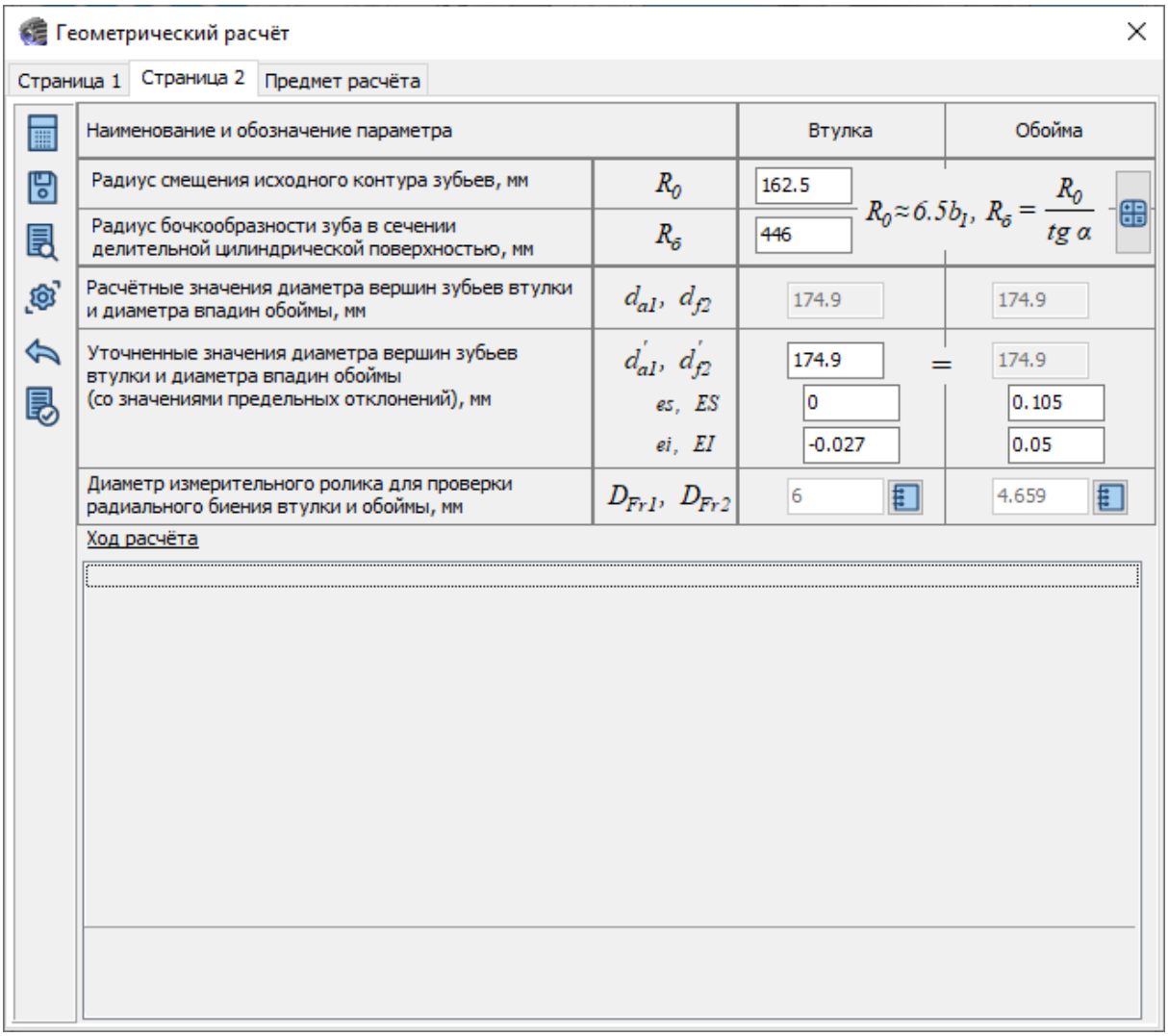
- не более 0°15' при прямой форме зуба втулки.

При выполнении геометрического расчета во время ввода или редактирования исходных данных в дополнительном окне выполняется расчет углов перекоса осей втулки и обоймы, а также оценивается работоспособность муфты. Оценка работоспособности заключается в сравнении углов перекоса, возникающих при выборке минимального и максимального бокового зазора, с допустимым эксплуатационным углом перекоса. Меньший из рассчитанных углов перекоса должен быть больше допускаемого эксплуатационного угла перекоса.



Если результаты ранее выполненного расчета не соответствуют исходным данным (например, были изменены какие-либо параметры муфты), в нижней части дополнительного окна появится соответствующее сообщение. Углы перекоса потребуется пересчитать.

Проверьте данные на ***Странице 2***. При необходимости внесите изменения.



Особенности ввода некоторых данных на Странице 2:

- **радиусы смещения и бочкообразности**;
  После изменения значений параметров ***Радиус смещения исходного контура зубьев*** и/или ***Радиус бочкообразности зуба в сечении делительной цилиндрической поверхности***, можно вернуться к расчетным значениям, нажав кнопку ***Расчет радиусов смещения и бочкообразности***.

- **диаметр измерительного ролика**.
  По умолчанию в полях ввода отображается рекомендованное значение диаметра. Чтобы выбрать другой диаметр, нажмите кнопку ***Подбор диаметра***, расположенную справа от полей ***Диаметр измерительного ролика для проверки радиального биения втулки и обоймы***.
  Чтобы вернуться к рекомендованному значению, нажмите клавишу ***<F10>***.

Для управления исходными данными и расчетом используйте кнопки инструментальной панели.

Во время выполнения расчета происходит диагностика расчета муфты по различным критериям и показателям. Результаты диагностики отображаются в области ***Ход расчета***. Если

диагностируемые параметры удовлетворительны, результаты диагностики выделены зеленым цветом. Если неудовлетворительны – красным.
Чтобы получить информационное сообщение с рекомендациями по исправлению ошибок, наведите курсор мыши на неудовлетворительный результат диагностики. В сообщениях используется специальная терминология 10.
Основной вывод по итогам диагностики приведен в нижней части окна.

После выполнения расчета передачи можно визуализировать работу 380 зубчатого зацепления. Для этого нажмите на панели инструментов кнопку  ***Визуализация зацепления*** и выполните необходимые действия в открывшемся окне.

Выбор муфты-прототипа

Окно ***Выбор прототипа из базы стандартных муфт для загрузки геометрических параметров*** предназначено для выбора стандартной муфты, геометрические параметры которой будут использованы при выполнении геометрического расчета зубчатой соединительной муфты.

Выберите строку с параметрами подходящей вам муфты и нажмите кнопку ***ОК***. Окно закроется, значения параметров появятся в соответствующих полях ввода окна ***Геометрический расчет***.



Имейте в виду, при расчете муфт используются только геометрические параметры стандартных муфт. Все остальные характеристики приведены в качестве справочных данных и при выполнении расчета во внимание не принимаются.

Выбор прототипа из базы стандартных муфт для загрузки геометрических параметров

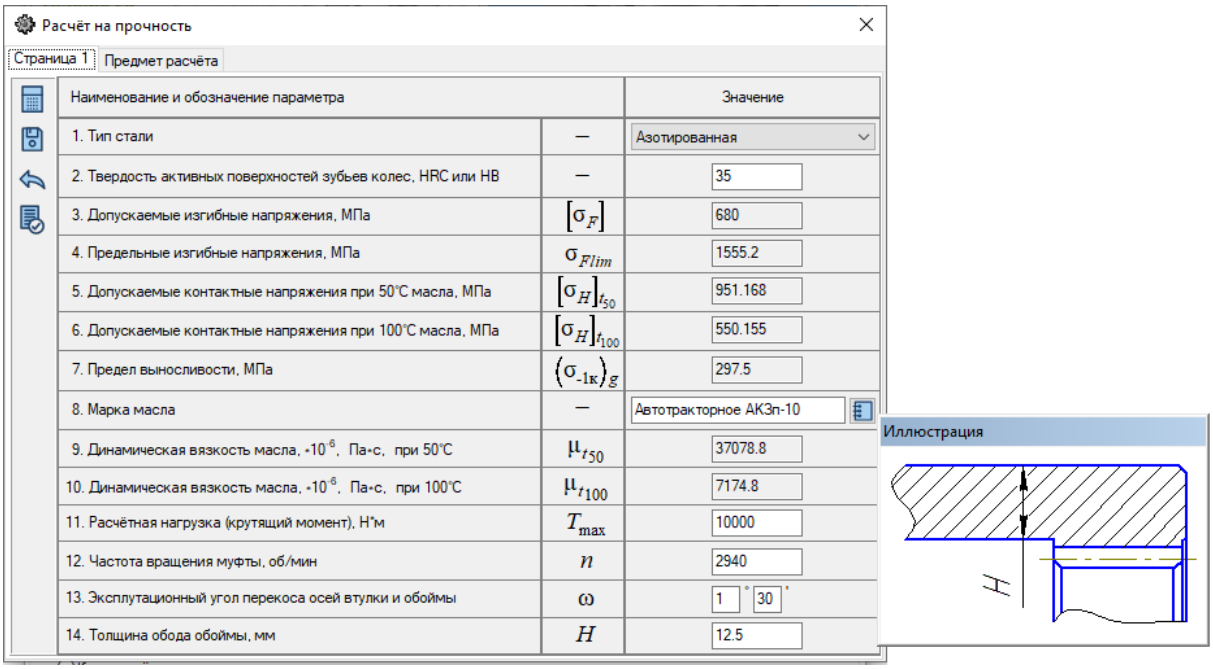


Модуль, мм	Число зубьев	Ширина зубчатого венца, мм		Справочная информация. К данному расчету отношения не имеет					
				ГОСТ 5006-55			ГОСТ Р 50895-96		
		втулка	обойма	Обозначение	Номинальный крутящий момент, Н*м	Максимальное число оборотов, об/мин	Обозначение	Номинальный крутящий момент, Н*м	Максимальное число оборотов, об/мин
m_n	z	b_1	b_2	—	$T_к$	n_{max}	—	$T_к$	n_{max}
2.5	30	12	20	М3-1	700	6300	1000-1-У2	1000	5630
2.5	38	15	25	М3-2	1400	5000	1600-1-У2	1600	5000
3	36	20	28	---	---	---	2500-1-У2	2500	4690
3	40	20	28	М3-3	3100	4000	4000-1-У2	4000	3880
3	48	25	35	М3-4	5500	3350	6300-1-У2	6300	3440
3	56	25	35	М3-5	7800	2800	10000-1-У2	10000	2940
4	48	30	45	М3-6	11600	2500	16000-1-У2	16000	2500
4	56	35	50	М3-7	18600	2120	25000-1-У2	25000	2190
4	62	35	50	М3-8	23100	1900	---	---	---
6	46	35	50	М3-9	29400	1700	40000-1-У2	40000	1810
6	56	40	60	М3-10	49000	1400	63000-1-У2	63000	1250
8	48	45	70	М3-11	69600	1250	---	---	---
8	54	50	75	М3-12	98100	1130	---	---	---
10	48	60	85	М3-13	147100	1000	---	---	---
10	54	65	95	М3-14	196100	900	---	---	---
10	58	70	105	М3-15	245200	800	---	---	---

Расчет на прочность

Цель проведения расчета на прочность зубчатой соединительной муфты – определение коэффициентов запаса по контактным напряжениям и напряжениям изгиба.

Поля ввода исходных данных располагаются на ***Странице 1***. Данные на странице ***Предмет расчета*** (описательная информация о расчете) постоянны для всех расчетов передачи (геометрия, прочность, проектный расчет).



Особенности ввода некоторых данных:

- **тип стали**;

  Выбор типа стали осуществляется из раскрывающегося списка.

- **твердость и прочностные характеристики материала**;

  Значения определяются автоматически в зависимости от выбранного типа стали.

- **марка масла**;

  Может быть выбрана из базы данных, окно которой открывается после нажатия кнопки  . При этом значения кинематической вязкости при 50°C и 100°C будут подставлены в соответствующие поля ввода автоматически.

- **свойства масла**;

  Определяются автоматически в зависимости от выбранного масла.

- **толщина обоймы**.

  Параметр показан в дополнительном окне ***Иллюстрация***, значение параметра вводится вручную.

Для управления расчетом и данными используйте кнопки инструментальной панели.

После выполнения расчета его результаты будут представлены в виде отчета и показаны в окне ***Результаты расчета***.

Проектный расчет

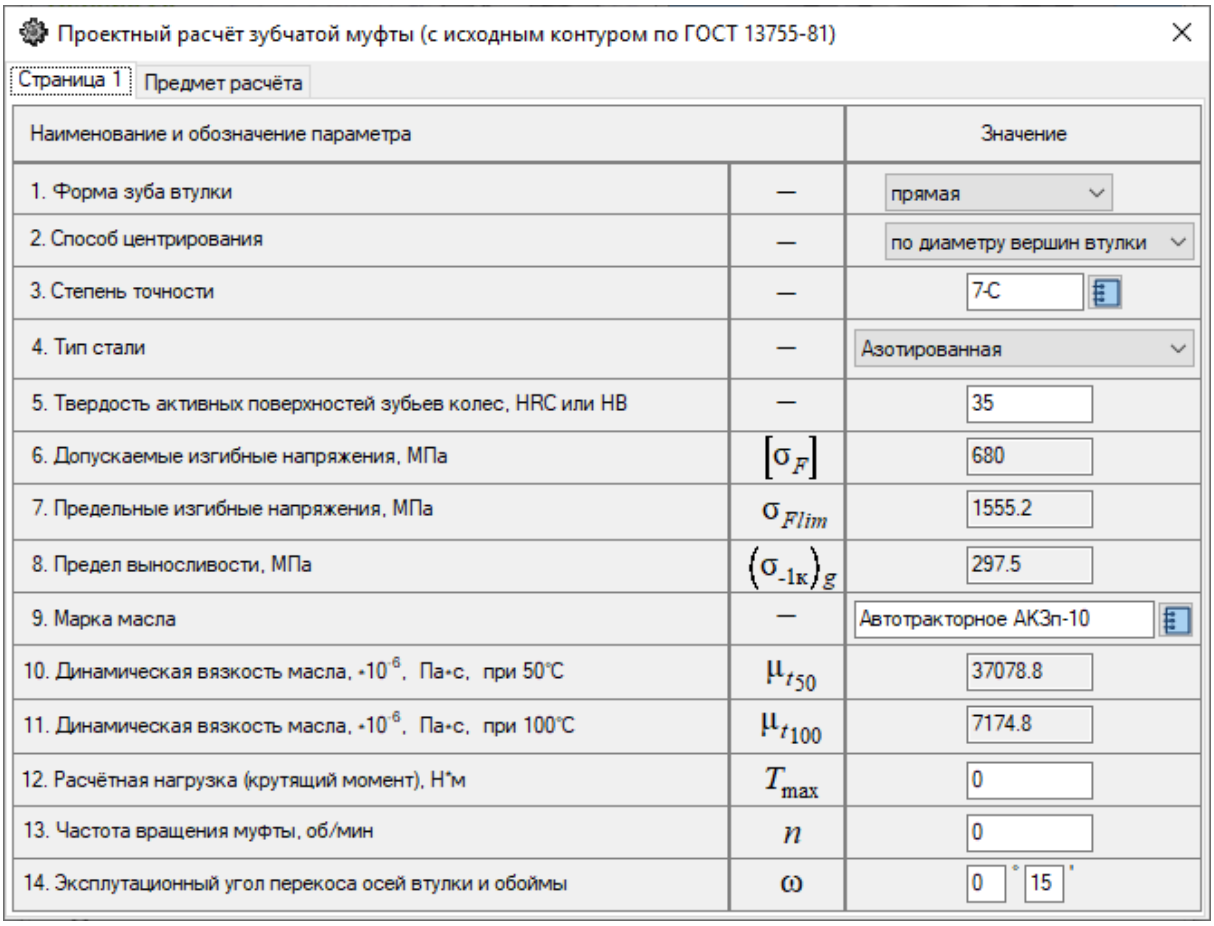
В настоящее время расчеты зубчатых муфт не стандартизированы. Известна методика геометрического расчета, разработанная коллективом в составе Александрова А.Р. и Половинкиной Н.Б., а также методика проверочного прочностного расчета, разработанная коллективом под руководством Айрапетова Э.Л.
Использование этих методик в качестве математической модели зубчатой соединительной муфты, а также принятие некоторых геометрических и эксплуатационных характеристик (материал, форма зуба, степень точности, марка масла, расчетная нагрузка, планируемый срок службы и требуемые коэффициенты запаса) позволили разработать расчет, в результате которого конструктору будет предложено 10 вариантов геометрических параметров муфт, оптимальных с точки зрения габаритов, которые соответствуют заданным характеристикам.
Расчет производится по методу дискретного поиска.

Описание расчета 335;
Управление результатами расчета 337.

Описание расчета

Поля ввода исходных данных располагаются на двух страницах. Переход на вторую страницу и выполнение расчета возможно только после ввода всех данных на первой странице.
Данные на странице ***Предмет расчета*** (описательная информация о расчете) постоянны для всех расчетов передачи (геометрия, прочность, проектный расчет).

Введите данные на ***Странице 1***.



Особенности ввода некоторых данных:

- **форма зуба втулки, способ центрирования, тип стали**;

  Значения этих параметров выбираются из списка возможных значений.

- **степень точности**;

  Особенности назначения степени точности для элементов соединительной муфты совпадают с теми, которые приведены в описании геометрического расчета[14] цилиндрической зубчатой передачи.

- **твердость и прочностные характеристики материала**;

  Значения определяются автоматически в зависимости от выбранного типа стали.

- **марка масла**.

  Выбирается из базы данных, окно которой открывается после нажатия кнопки  . При этом значения динамической вязкости при 50°С и 100°С будут подставлены в соответствующие поля ввода автоматически.

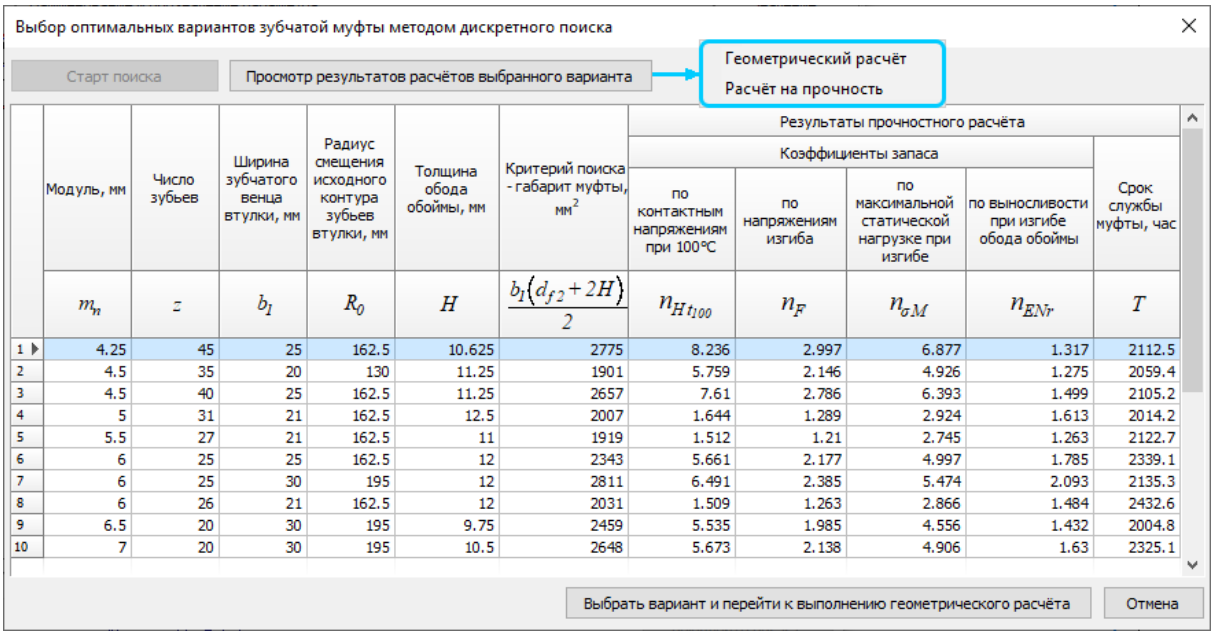
Проверьте актуальность данных на ***Странице 2***. При необходимости внесите изменения.

Для управления исходными данными и расчетом используйте кнопки инструментальной панели.

Управление результатами расчета

После того как вы нажмете на панели инструментов кнопку  ***Расчет***, на экране появится окно ***Выбор оптимальных вариантов зубчатой муфты методом дискретного поиска***.

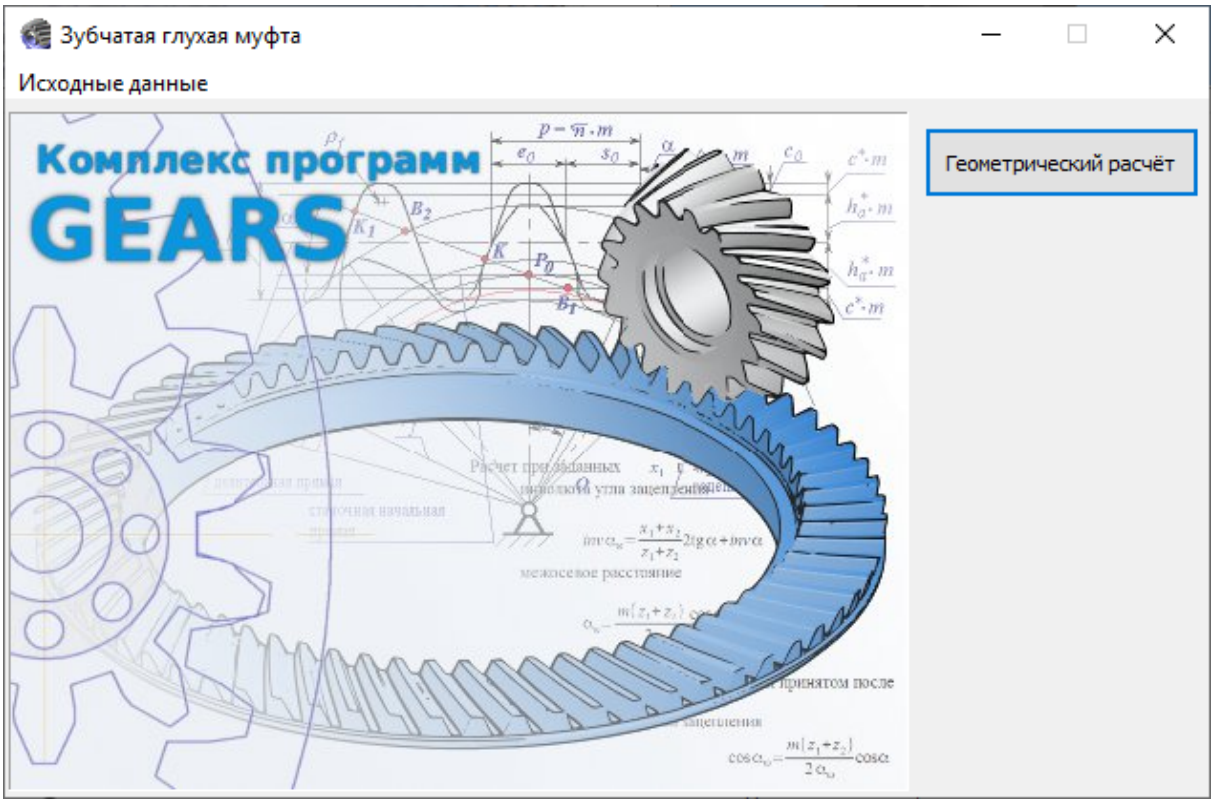
1. Нажмите кнопку ***Старт поиска***, расположенную в левой верхней части окна. Начнется процесс поиска муфт, удовлетворяющих заданным параметрам, а также расчет их прочностных характеристик. По окончании процесса в окне появится список найденных муфт.



2. Вы можете ознакомиться с результатами геометрического и прочностного расчета любой из муфт. Для этого укажите в списке интересующую вас муфту, нажмите кнопку ***Просмотр результатов расчета выбранного варианта*** и выберите из дополнительного меню одну из команд – ***Геометрический расчет*** или ***Расчет на прочность***. На экране появится отчет с результатами выбранного вида расчетов. Отчет может быть сохранен в файлах различных форматов, а так же выведен на печать.
3. Чтобы загрузить параметры выбранной муфты в окно ***Геометрический расчет***, нажмите кнопку ***Выбрать вариант и перейти к геометрическому расчету***. Таким образом, к примеру, вы можете использовать муфту в качестве прототипа.
4. Чтобы выйти из окна ***Выбор оптимальных вариантов зубчатой муфты методом дискретного поиска*** без сохранения результатов поиска, нажмите кнопку ***Отмена***.

Расчеты зубчатой глухой муфты

Средствами модуля *КОМПАС-GEARS* может быть выполнен геометрический338 расчет зубчатой глухой муфты.



Если предстоит рассчитать модель муфты, уже созданную в системе *Валы и механические передачи 2D*, ее геометрические параметры будут автоматически переданы в *Модуль расчетов механических передач*.

Линейные размеры задаются в миллиметрах, а угловые - в градусах, минутах, секундах.

Исходные данные для расчета можно сохранить в файле формата **.slee_ged_dat*. Это можно делать при помощи команды главного меню ***Исходные данные*** или непосредственно при выполнении расчетов. В дальнейшем сохраненные данные можно будет загружать для расчета в модуль *КОМПАС-GEARS*.

Чтобы приступить к выполнению расчета, нажмите в окне ***Зубчатая глухая муфта*** кнопку ***Геометрический расчет***.

Геометрический расчет зубчатой глухой муфты

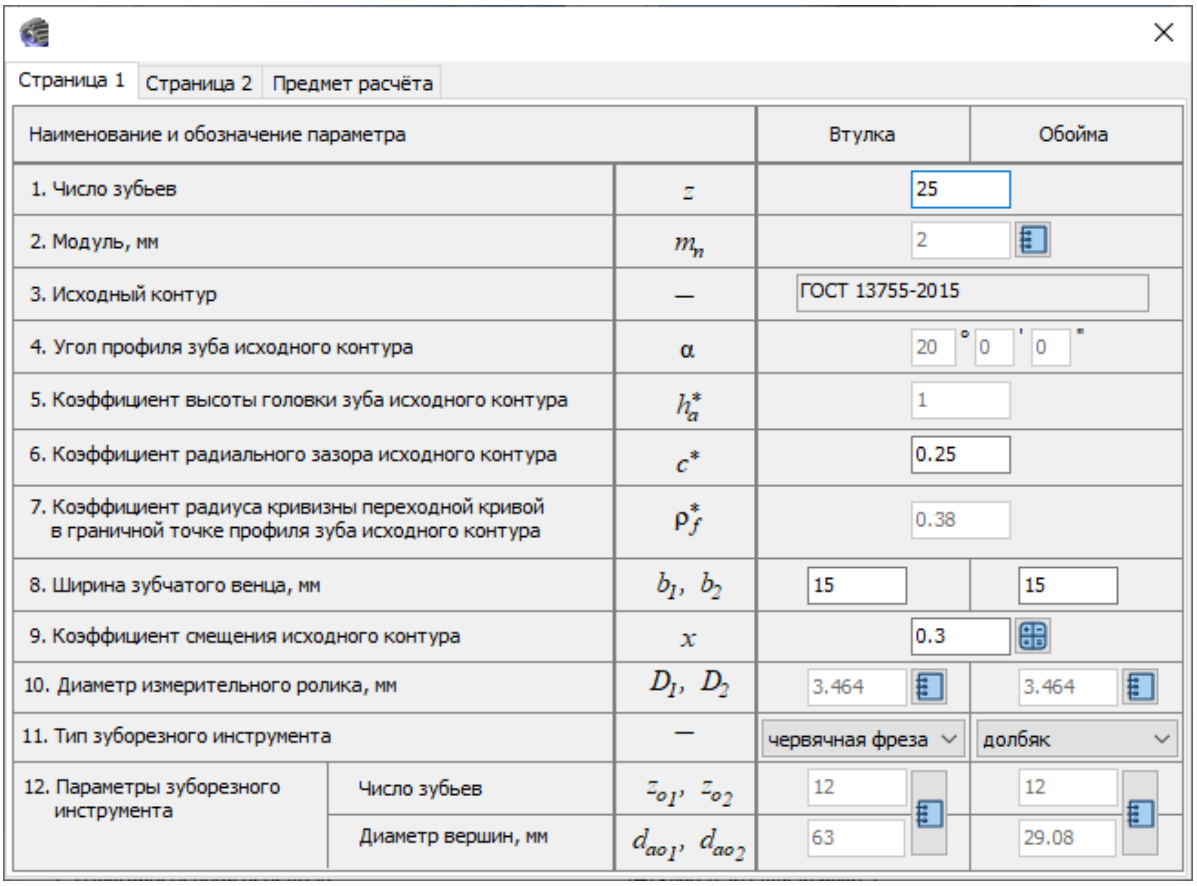
Целями выполнения геометрического расчета зубчатой глухой муфты являются:

- определение основных геометрических параметров втулки и обоймы;
- проверка качества зацепления по геометрическим показателям.

По сути, обойма – это зубчатое колесо с внешними зубьями, а втулка – зубчатое колесо с внутренними зубьями, поэтому методика расчета и используемая терминология во многом совпадают с теми, которые применяются при расчете зубчатых колес.

Поля ввода исходных данных располагаются на двух страницах. Данные на странице ***Предмет расчета*** носят описательный характер.

Введите данные на ***Странице 1***.



Особенности ввода некоторых данных:

- **модуль**;

  Значения модуля стандартизованы. Чтобы выбрать модуль, нажмите кнопку ***Выбор модуля***, расположенную справа от поля ***Модуль***, и выполните необходимые действия в открывшемся окне ***Выбор модуля и исходного контура***[22]. Порядок работы при этом будет аналогичен тому, который используется при выборе модуля цилиндрической шестерни зубчатой передачи.

- **параметры стандартного исходного контура**;

  Поля, соответствующие параметрам исходного контура,

  - ***Угол профиля зуба исходного контура***,
  - ***Коэффициента высоты головки зуба исходного контура***,
  - ***Коэффициента радиального зазора исходного контура***,
  - ***Коэффициента радиуса кривизны переходной кривой в граничной точке профиля зуба исходного контура***

  будут заполнены автоматически. Значения параметров будут зависеть от выбранного модуля и стандарта на исходный контур. Некоторые значения доступны для редактирования. Если навести курсор на поле ввода редактируемого значения, появится подсказка, в которой указан диапазон его возможных значений.

- **коэффициент смещения исходного контура**;

Может быть задан вручную в соответствии с рекомендациями ГОСТ 16532-70:

- при $z > 30$ ***x = 0***;
- при $20 < z < 30$ ***x = 0,3***;
- при $z < 20$ ***x = 0,5***, но при этом считается минимально допустимое значение смещения ***xmin***, и в случае если ***xmin > x***, принимается ***xmin***,

или подставлен автоматически после нажатия  в соответствии с этими же рекомендациями.

диаметр измерительного ролика;

Для контроля толщины зубьев у втулки и обоймы зубчатой муфты используются ролики.
По умолчанию в полях ввода отображается рекомендованное значение диаметра. Чтобы выбрать другой диаметр, нажмите кнопку  ***Подбор диаметра***, расположенную справа от полей ***Диаметр измерительного ролика***. Порядок работы при этом будет таким же, как и при выборе диаметра 378 измерительного ролика (шарика) для цилиндрической шестерни внешнего зацепления.
Чтобы вернуться к рекомендованному значению, нажмите клавишу ***<F10>***.

тип зуборезного инструмента;

Выбор типа зуборезного инструмента осуществляется из раскрывающегося списка возможных значений.

При выборе вариантов ***долбяк***, ***червячная фреза*** и ***дисковая фреза*** необходимо будет выбрать параметры зуборезного инструмента.

параметры зуборезного инструмента.

Выбор параметров зуборезного инструмента (долбяка 369, червячной фрезы 372, дисковой фрезы 375) осуществляется в специальных диалогах, которые открываются после нажатия кнопки  ***Выбор (тип инструмента)***.

инструмент для обработки;

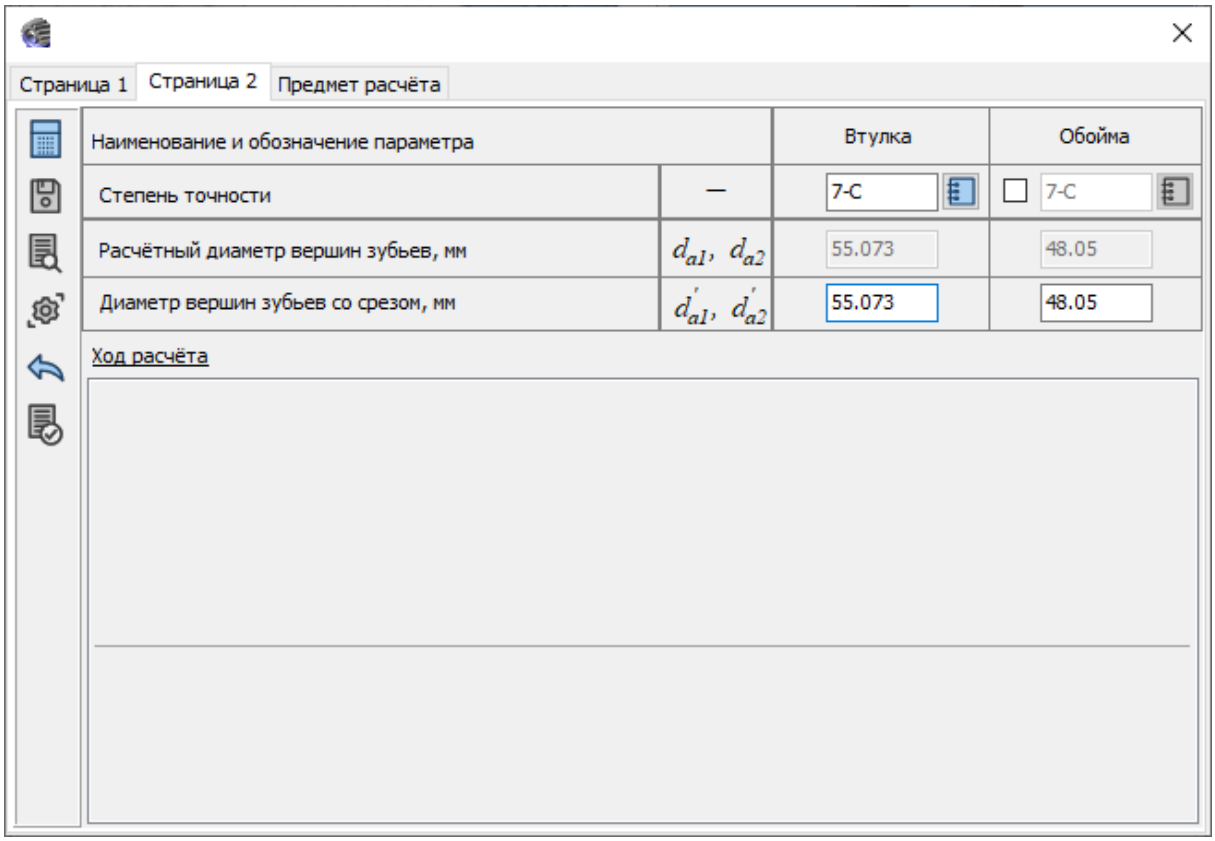
В случае смены инструмента для обработки на «долбяк», необходимо будет выбрать параметры инструмента – число зубьев долбяка.

параметры инструмента.

В случае смены инструмента для обработки на «долбяк», в поле ***Параметры инструмента (число зубьев)*** необходимо будет выбрать число зубьев долбяка. Выбор осуществляется в специализированном диалоге, который открывается после нажатия кнопки  . Порядок работы при этом такой же, как и при выборе долбяка 369 для цилиндрической зубчатой шестерни внешнего зацепления.

Предпочтителен выбор долбяка с наибольшим количеством зубьев.

Введите данные на ***Странице 2***.



Особенности ввода степеней точности (назначаются так же, как и для цилиндрических зубчатых передач).

- **Крупномодульные передачи**.

  При назначении степени точности крупномодульных цилиндрических зубчатых передач необходимо руководствоваться следующими положениями.

  1. Согласно ГОСТ 1643-81 «Основные нормы взаимозаменяемости. Передачи зубчатые цилиндрические. Допуски» для цилиндрических зубчатых передач внешнего и внутреннего зацепления с прямозубыми, косозубыми и шевронными зубчатыми колесами устанавливаются двенадцать степеней точности зубчатых колес и передач, обозначаемых в порядке убывания точности цифрами **1**, **2**, **3**, **4**, **5**, **6**, **7**, **8**, **9**, **10**, **11**, **12**.
  2. Для каждой степени точности устанавливаются нормы кинематической точности, плавности работы и контакта зубчатых колес в передаче.
  3. Допускается комбинирование различных степеней точности и норм кинематической точности, плавности работы и контакта зубчатых колес.

     При комбинировании необходимо соблюдать следующие условия:

     - нормы плавности работы могут быть точнее (не более чем на две степени точности) или грубее (не более чем на одну степень точности) норм кинематической точности;
     - нормы контакта зубчатых колес могут назначаться по любым более точным степеням, а также на одну степень грубее, чем нормы плавности работы зубчатых колес и передач.

4. Устанавливаются шесть видов сопряжений зубчатых колес – **A**, **B**, **C**, **D**, **E**, **H** и восемь видов допуска на боковой зазор – **x**, **y**, **z**, **a**, **b**, **c**, **d**, **h**. Значения приведены в порядке убывания величины бокового зазора и допуска на него.

   Виды сопряжений зубчатых колес в передаче в зависимости от степени точности по нормам плавности работы приведены в таблице.

Вид сопряжений	A	B	C	D	E	H
Степень точности по нормам плавности работы	3 – 12	3 – 11	3 – 9	3 – 8	3 – 7	3 – 7

5. Видам сопряжений **A**, **B**, **C**, **D** соответствуют виды допуска на боковой зазор **a**, **b**, **c**, **d** соответственно, а видам сопряжений **H** и **E** – вид допуска на боковой зазор **h**.

   Соответствие между видом сопряжений зубчатых колес в передаче и видом допуска на боковой зазор можно изменять; также могут быть использованы виды допусков **x**, **y**, **z**.

6. Точность изготовления зубчатых колес и передач задается степенью точности, а требования к боковому зазору – видом сопряжения по нормам бокового зазора.

Примеры условного обозначения точности цилиндрической передачи:

7 – C

Такая запись означает, что зубчатая передача имеет степень точности **7** по всем трем нормам (кинематическая точность, норма плавности работы и норма контакта), вид сопряжения - **C** и вид допуска на боковой зазор - **c**.

8 – 7 – 6 – Ba

Такая запись означает, что зубчатая передача по норме кинематической точности имеет степень точности **8**, по норме плавности работы – **7**, по норме контакта – **6**. Вид сопряжения зубчатых колес — **B**, вид допуска на боковой зазор – **a**.

Мелкомодульные передачи.

При назначении степени точности мелкомодульных цилиндрических зубчатых передач необходимо руководствоваться следующими положениями.

1. Согласно ГОСТ 9178-81 «Основные нормы взаимозаменяемости. Передачи зубчатые цилиндрические мелкомодульные» для цилиндрических зубчатых передач внешнего и внутреннего зацепления с прямозубыми и косозубыми зубчатыми колесами с модулем от 0,1 до 1,0 (исключительно) устанавливаются двенадцать степеней точности зубчатых колес и передач, обозначаемых в порядке убывания точности цифрами **1**, **2**, **3**, **4**, **5**, **6**, **7**, **8**, **9**, **10**, **11**, **12**.

2. Для каждой степени точности устанавливаются нормы кинематической точности, плавности работы и контакта зубчатых колес в передаче.

3. Допускается комбинирование различных степеней точности и норм кинематической точности, плавности работы и контакта зубчатых колес.

   При комбинировании необходимо соблюдать следующие условия:

   - нормы плавности работы могут быть на одну степень точности точнее или грубее норм кинематической точности;
   - нормы контакта зубчатых колес могут назначаться по любым более точным степеням, а также на одну степень грубее, чем нормы плавности работы зубчатых колес и передач.

4. Для передач с нерегулируемым или регулируемым расположением осей устанавливается пять видов сопряжений зубчатых колес – **D**, **E**, **F**, **G**, **H** и четыре вида допуска на боковой зазор – **e**, **f**, **g**, **h**. Значения приведены в порядке убывания величины бокового зазора и допуска на него.

   Виды сопряжений зубчатых колес в передаче в зависимости от степени точности по нормам плавности работы приведены в таблице.

Вид сопряжений	**D**		**E**		**F**	**G**	**H**
Модуль m, мм	от 0,1 до 0,5	св. 0,5 до <1,0	от 0,1 до 0,5	св. 0,5 до 1,0	от 0,5 до <1,0		
Степень точности по нормам плавности работы	3 – 10	3 – 12	3 – 10	3 – 12	3 – 10	3 – 8	3 – 7

   Примечание. Для зубчатых колес с модулем m <= 0,3 мм, подлежащих изготовлению полнопрофильным инструментом, и зубчатых колес с модулем m < 0,2 мм, подлежащих изготовлению инструментом с ε открытым профилем, должна производиться проверка коэффициента перекрытия .

5. Видам сопряжений **D** и **E** соответствует вид допуска на боковой зазор **e**, а видам сопряжения **F**, **G**, **H –** виды допусков **f**, **g**, **h** соответственно.

   Соответствие между видом сопряжений зубчатых колес в передаче и видом допуска на боковой зазор можно изменять; также могут быть использованы виды допусков **x**, **y**, **z**.

   Соответствие между видом сопряжений зубчатых колес в передаче и видом допуска на боковой зазор можно изменять.

6. Точность изготовления зубчатых колес и передач задается степенью точности, а требования к боковому зазору – видом сопряжения по нормам бокового зазора.

Примеры условного обозначения точности цилиндрической передачи:

7 – G

Такая запись означает, что зубчатая передача имеет степень точности **7** по всем трем нормам (кинематическая точность, норма плавности работы и норма контакта), вид сопряжения - **G** и вид допуска на боковой зазор - **g**.

7 – 8 – 8 – Gf

Такая запись означает, что зубчатая передача по норме кинематической точности имеет степень точности **7**, по норме плавности работы – **8**, по норме контакта – **8**. Вид сопряжения зубчатых колес — **G**, вид допуска на боковой зазор – **f**.

Чтобы для обоймы назначить степень точности, отличную от втулки, включите опцию, расположенную слева от поля ввода степени точности обоймы.

Для управления исходными данными и расчетом используйте кнопки инструментальной панели.

Во время выполнения расчета происходит диагностика рассчитываемой муфты по различным критериям и показателям. Результаты диагностики отображаются в области ***Ход расчета***. Если диагностируемые параметры удовлетворительны, результаты диагностики выделены зеленым цветом. Если неудовлетворительны – красным.

Чтобы получить информационное сообщение с рекомендациями по исправлению ошибок, наведите курсор мыши на неудовлетворительный результат диагностики. В сообщениях используется специальная терминология 10.
Основной вывод по итогам диагностики приведен в нижней части окна.

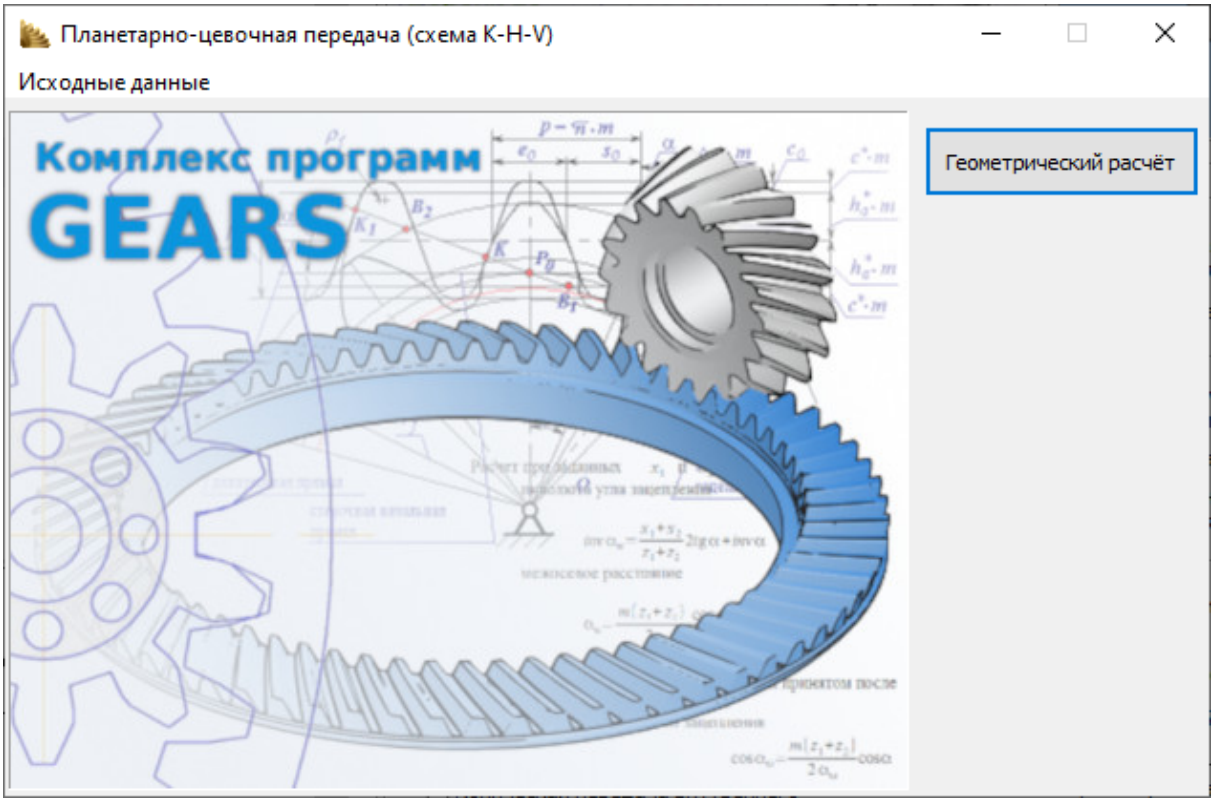
После выполнения расчета зубчатой глухой муфты можно визуализировать работу 380 зубчатого зацепления. Для этого нажмите на панели инструментов кнопку  ***Визуализация зацепления*** и выполните необходимые действия в открывшемся окне.



Для муфты, спроектированной с нарушением показателей качества зацепления, могут возникнуть сложности при генерации 3D-модели.

Планетарно-цевочные передачи

Средствами модуля *КОМПАС-GEARS* может быть выполнен геометрический расчет 345 планетарно-цевочной передачи.



Если предстоит рассчитать модель элемента механической передачи, уже созданную в системе *Валы и механические передачи 2D*, геометрические параметры этого элемента будут автоматически переданы в *Модуль расчетов механических передач*.

Линейные размеры задаются в миллиметрах, а угловые - в градусах, минутах, секундах.

Вы можете сохранять исходные данные для расчета в файле формата **.plan_Int_dat* с помощью команд строки меню ***Исходные данные*** 365 или непосредственно при выполнении расчетов.

Впоследствии сохраненные данные можно будет загружать для расчета в модуль *КОМПАС-GEARS*.



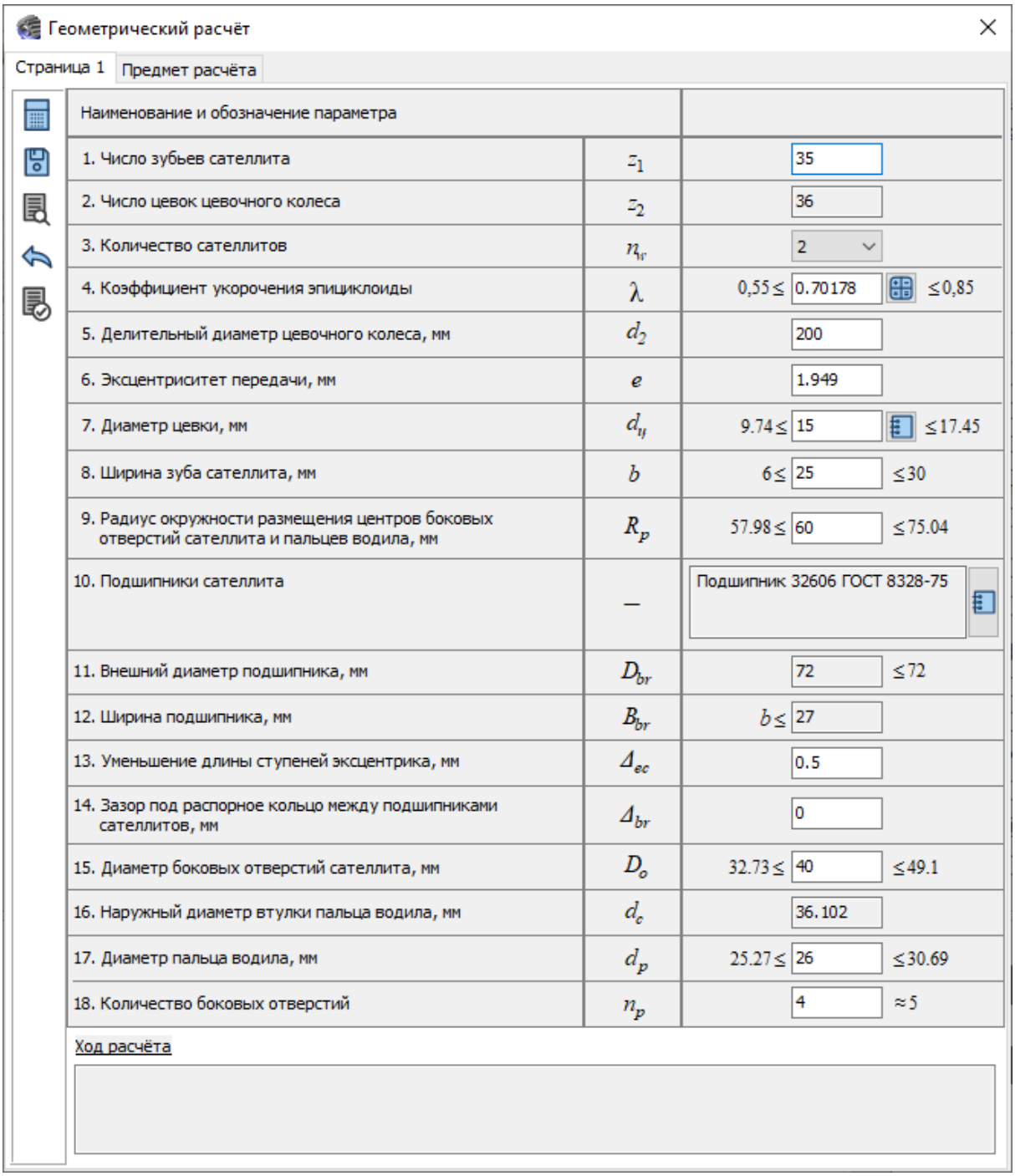
Внимание! Расчет может быть произведен, если на компьютере установлен Дополнительный комплект 9 системы *Валы и механические передачи 2D*.

Геометрический расчет

Цели выполнения геометрического расчета планетарно-цевочной передачи:

- определение основных параметров элементов;
- определение размеров для контроля;
- проверка качества зацепления по геометрическим показателям.

Введите данные на ***Странице 1***.



Особенности ввода некоторых данных на Странице 1:

- **числа зубьев сателлита и цевок цевочного колеса**;

  Введите число зубьев сателлита. Число цевок цевочного колеса появится в соответствующем поле ввода автоматически.

- **коэффициент укорочения эпициклоиды**;

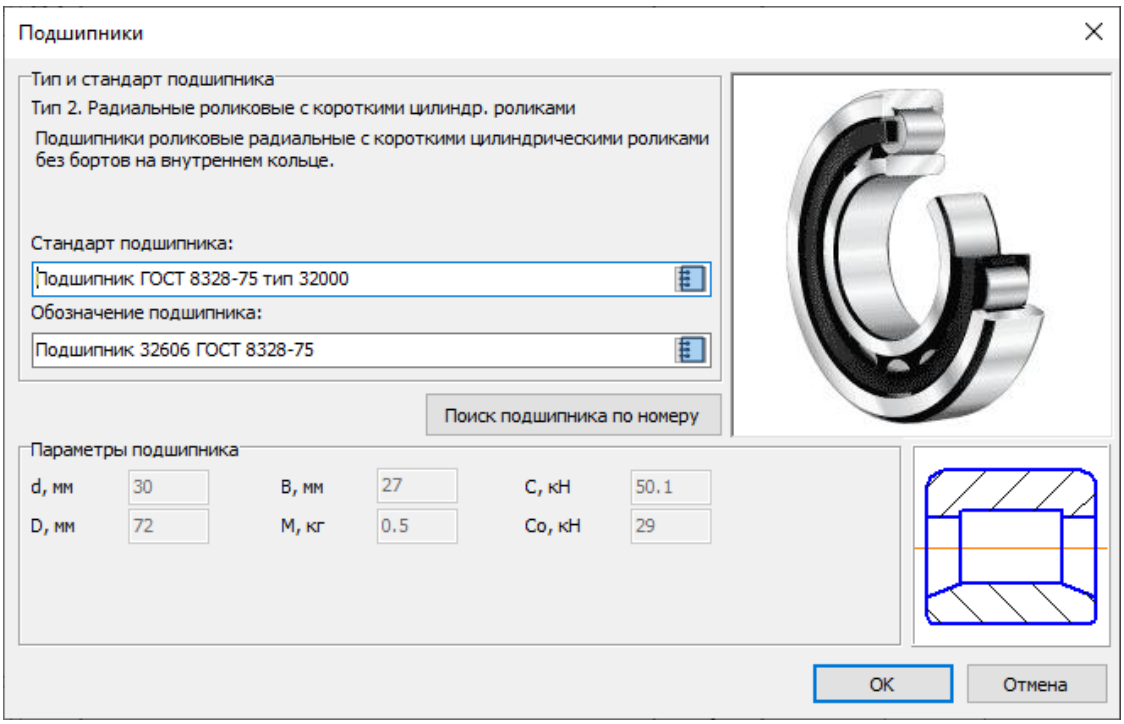
Значение коэффициента можно ввести вручную, руководствуясь указанным диапазоном значений. Для ввода рекомендуемого значения нажмите кнопку ***Расчет рекомендуемого значения коэффициента укорочения эпициклоиды***.

- **диаметр цевки**;

  Диаметр можно ввести вручную, руководствуясь указанным диапазоном значений, или выбрать из списка. Чтобы раскрыть список, нажмите кнопку ***Диаметр цевки***.

- **выбор подшипника сателлита**.

  Чтобы выбрать подшипник, нажмите кнопку ***Выбор подшипника***, расположенную справа от поля ***Подшипник сателлита***. Откроется окно ***Подшипник***.



  Выберите нужный подшипник одним из способов:

  - подберите из имеющейся базы:
    - – выберите тип подшипника (348) (поле ввода ***Стандарт на подшипник***);
    - – выберите экземпляр подшипника (348) (поле ввода ***Обозначение подшипника***);
  - найдите подшипник по номеру или по фрагменту номера (350).

    Обозначение выбранного подшипника появится в поле ***Подшипник сателлита***.

Для управления исходными данными и расчетом используйте кнопки инструментальной панели.

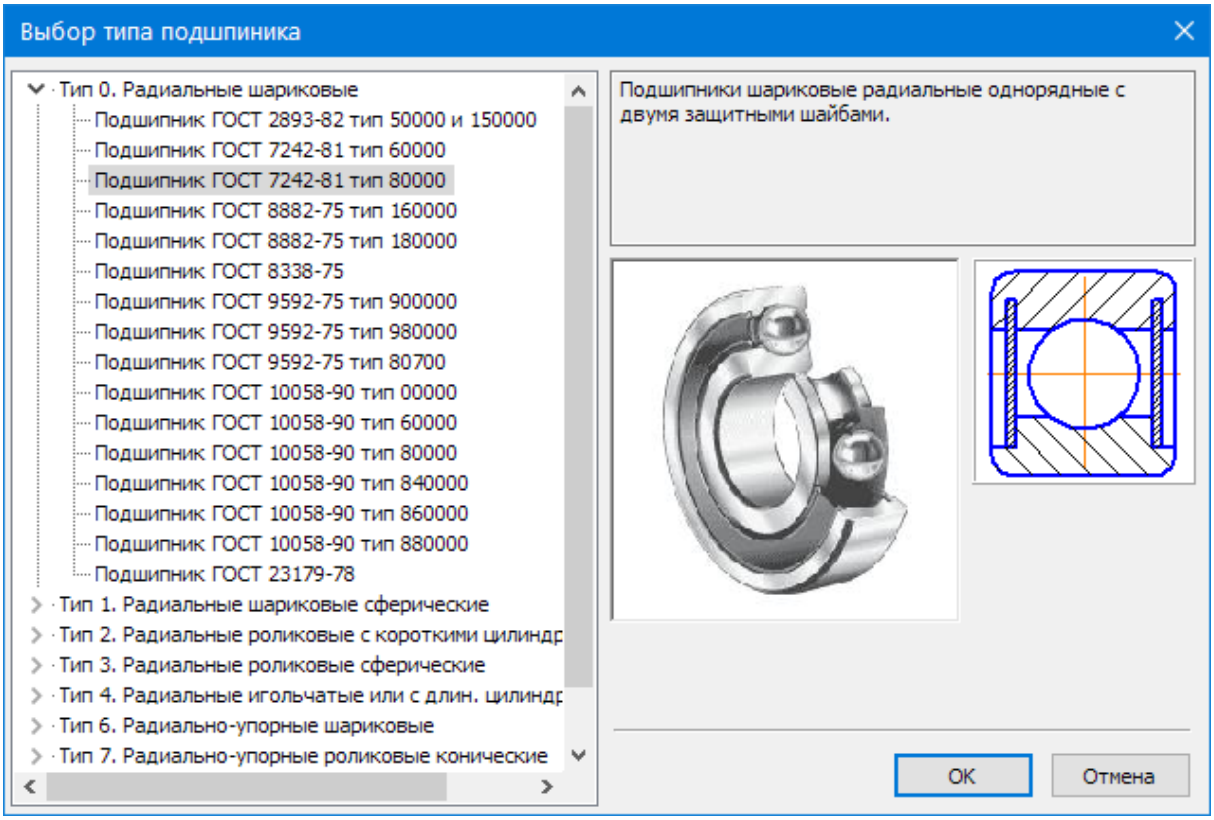
Во время выполнения расчета происходит диагностика расчета передачи по различным критериям и показателям. Результаты диагностики отображаются в области ***Ход расчета***. Если диагностируемые параметры удовлетворительны, результаты диагностики выделены зеленым цветом. Если неудовлетворительны – красным.
Чтобы получить информационное сообщение с рекомендациями по исправлению ошибок, наведите курсор мыши на неудовлетворительный результат диагностики. В сообщениях используется специальная терминология (10).

Основной вывод по итогам диагностики приведен в нижней части окна.

Выбор типа подшипника

Чтобы выбрать тип и стандарт на подшипник, который необходимо установить на активную ступень вала, выполните следующие действия.

1. Нажмите кнопку  ***Выбор стандарта на подшипник***, расположенную в окне ***Подшипники*** в правой части поля ***Стандарт на подшипник***. Откроется окно ***Выбор типа подшипника***. В левой части окна отображен список типов подшипников, имеющихся в базе данных системы. Список имеет древовидную структуру: на верхних уровнях перечислены типы подшипников, на нижних - стандарты.
2. Раскройте ветвь с нужным типом подшипников и укажите стандарт. В правой части окна появится информация о выбранном типе, а также соответствующая иллюстрация.
3. Нажмите кнопку ***ОК***. Тип и стандарт на выбранный подшипник появится в окне ***Подшипники*** в поле ***Стандарт на подшипник***.



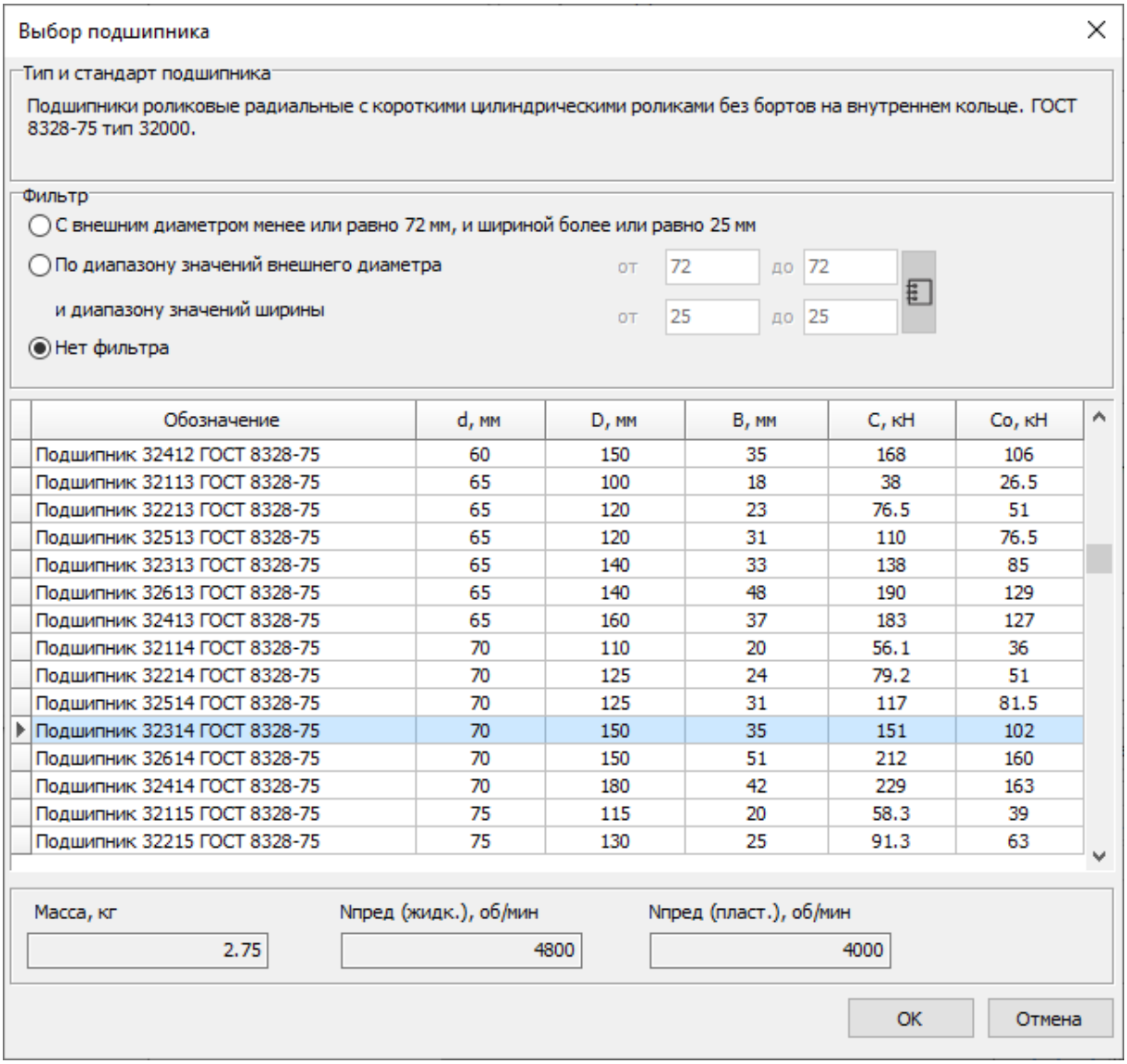
Выбор экземпляра подшипника

Чтобы выбрать конкретный экземпляр устанавливаемого подшипника, выполните следующие действия.

1. Нажмите кнопку  Выбор ***подшипника из базы***, расположенную в окне ***Подшипники*** в правой части поля ***Обозначение подшипника***. Откроется окно ***Выбор подшипника***, в

котором показан список подшипников того типа, который был выбран 348 на предыдущем этапе работы.

2. При необходимости наложите на список фильтр, выбрав в группе элементов ***Фильтр*** нужный вариант. При выборе варианта ***По диапазону значений внешнего диаметра и диапазону значений ширины*** заполните поля с граничными значениями и нажмите кнопку Найти.



Для каждого подшипника приведены значения его параметров:

- обозначение;
- внутренний диаметр ***d***;
- наружный диаметр ***D***;
- ширина ***B***;
- динамическая грузоподъемность ***C***;
- статическая грузоподъемность ***Co***.

В нижней части окна для указанного подшипника отображены:

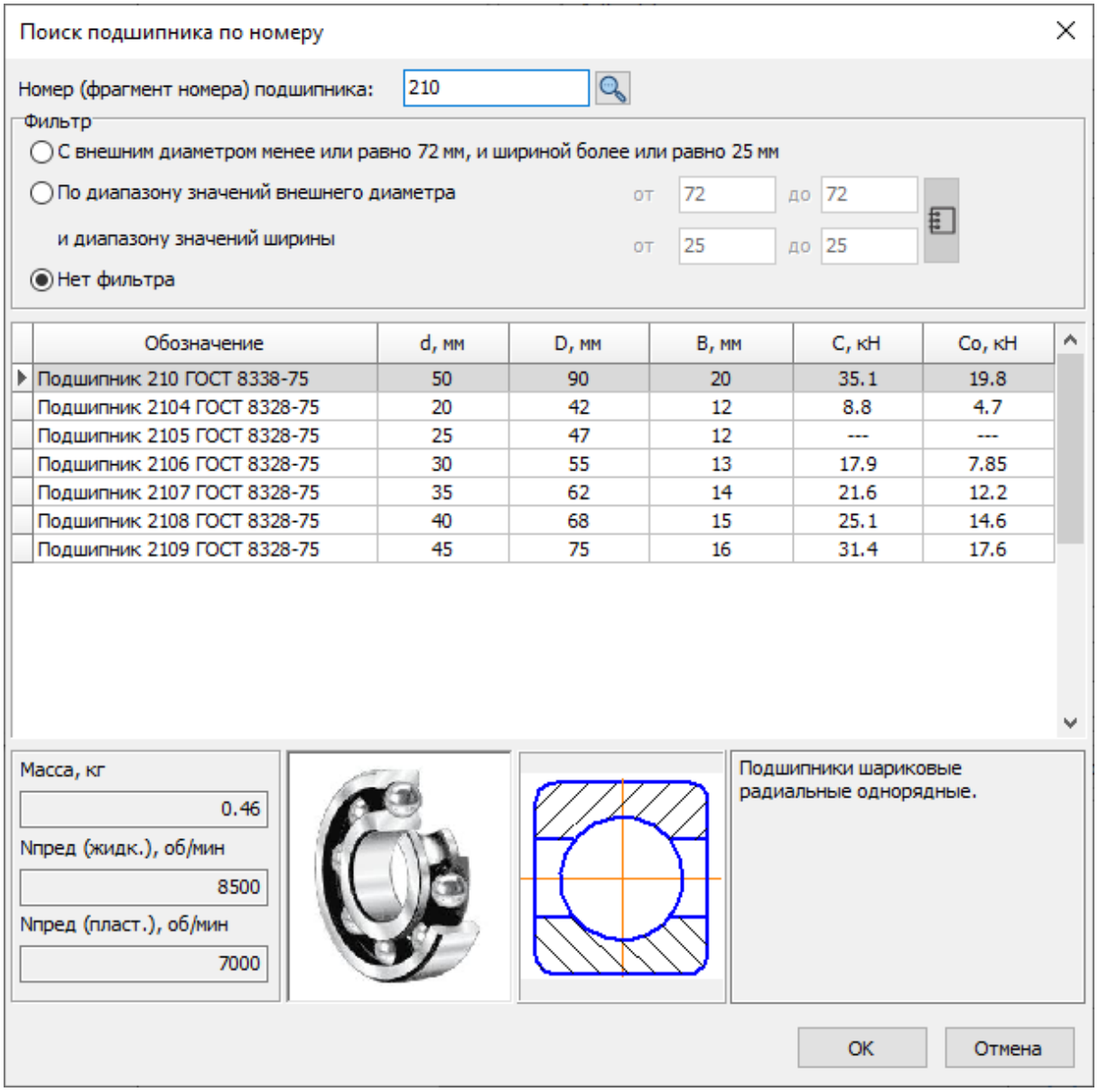
- масса,
- предельные обороты при использовании пластического смазочного материала ***Nпред (пласт.)***;
- предельные обороты при использовании жидкого смазочного материала **Nпред (жидк.)**.

3. Щелчком мыши выберите в списке нужный подшипник и нажмите кнопку ***ОК***. Обозначение подшипника появится в окне ***Подшипники*** в поле ***Обозначение подшипника***.

Поиск подшипника по номеру

Чтобы найти нужный подшипник по его номеру или фрагменту номера, выполните следующие действия.

1. В окне ***Подшипники*** нажмите кнопку ***Поиск подшипника по номеру***. Откроется одноименное команде окно.



2. В поле ***Номер (фрагмент номера) подшипника*** введите цифры, входящие в номер искомого подшипника, и нажмите кнопку ***Найти***. В списке появятся подшипники, которые удовлетворяют условию фильтрации, установленному в группе элементов ***Фильтр***.
3. При необходимости измените условие фильтрации, выбрав в группе элементов ***Фильтр*** нужный вариант. При выборе варианта ***По диапазону значений внешнего диаметра и диапазону значений ширины***, заполните поля с граничными значениями и нажмите кнопку ***Найти***.

Для каждого подшипника приведены значения его параметров:

- обозначение;
- внутренний диаметр ***d***;
- наружный диаметр ***D***;

- ширина ***B***;
- динамическая грузоподъемность ***C***;
- статическая грузоподъемность ***Co***.

В нижней части окна для выделенного в списке подшипника отображены:

- масса,
- предельные обороты при использовании пластического смазочного материала Nпред (пласт.);
- предельные обороты при использовании жидкого смазочного материала Nпред (жидк.);
- тип;
- изображение.

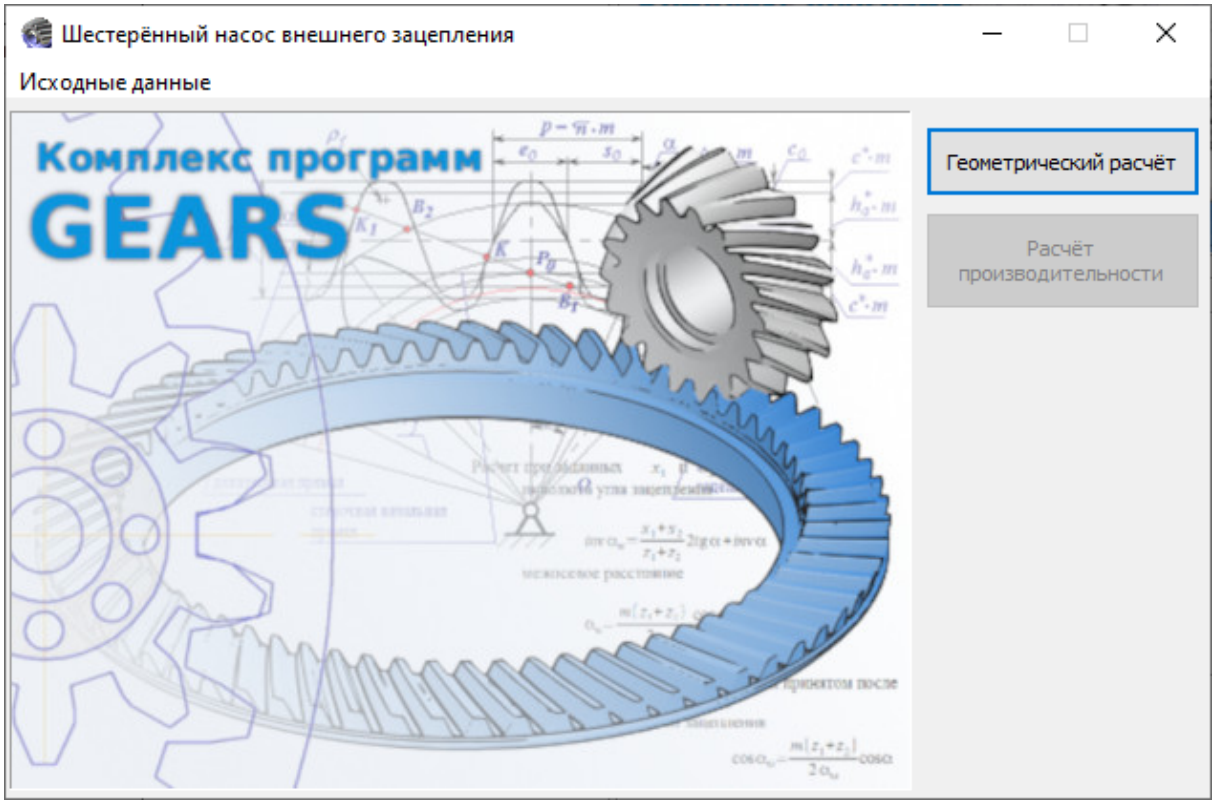
4. Щелчком мыши выберите в списке нужный подшипник и нажмите кнопку ***ОК***. Обозначение подшипника появится в окне ***Подшипники*** в поле ***Обозначение подшипника***.

Шестерённый насос внешнего зацепления

Средствами модуля *КОМПАС-GEARS* могут быть рассчитаны шестерённые насосы внешнего зацепления.

Предусмотрено два вида расчетов, выполняемых последовательно:

- геометрический расчет 353;
- расчет производительности 361.



Если предстоит рассчитать модель, уже созданную в системе *Валы и механические передачи 2D*, ее геометрические параметры будут автоматически переданы в *Модуль расчетов механических передач*.

Линейные размеры задаются в миллиметрах, а угловые - в градусах, минутах, секундах.

Исходные данные для расчета можно сохранить в файле формата **.gear_pmp_dat*. Это можно делать при помощи команды главного меню ***Исходные данные*** 365 или непосредственно при выполнении расчетов. В дальнейшем сохраненные данные можно будет загружать для расчета в модуль *КОМПАС-GEARS*.

Чтобы приступить к выполнению расчета, нажмите в окне ***Шестерённый насос внешнего зацепления*** соответствующую кнопку.



Внимание! Расчет может быть произведен, если на компьютере установлен Дополнительный комплект 9 **системы *Валы и механические передачи 2D*.**

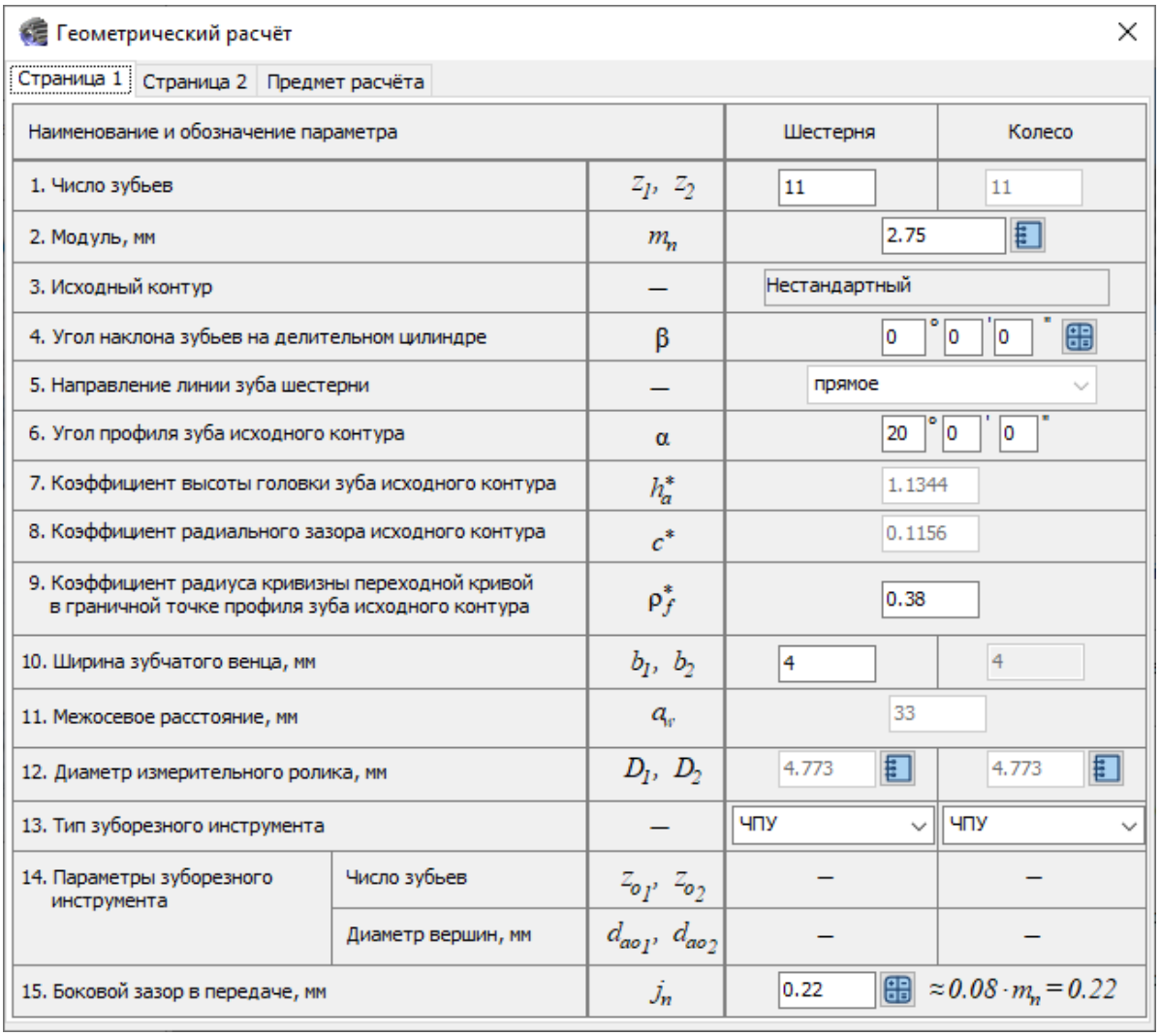
Геометрический расчет

Целями выполнения геометрического расчета шестерённого насоса внешнего зацепления являются:

- определение основных геометрических параметров зубчатых колес и размеров для контроля;
- проверка качества зацепления по геометрическим показателям.

Поля ввода исходных данных располагаются на двух страницах. Переход на вторую страницу и выполнение расчета возможно только после ввода всех данных на первой странице. Данные на странице ***Предмет расчета*** (описательная информация о расчете) постоянны для всех расчетов передачи.

Введите данные на ***Странице 1***.



Особенности ввода некоторых данных:

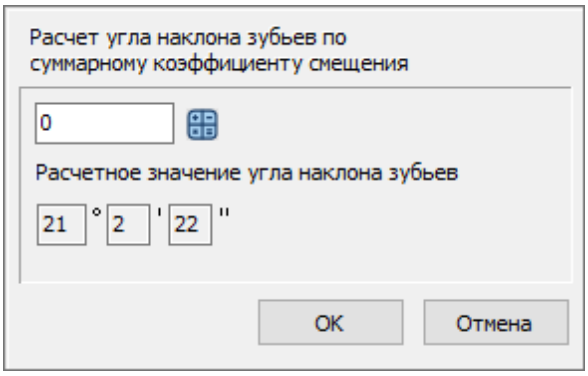
- **модуль**;

  Значения модуля стандартизованы. Чтобы выбрать модуль, нажмите кнопку ***Выбор модуля***, расположенную справа от поля ***Модуль***, и выполните необходимые действия в открывшемся окне ***Выбор модуля*** 359. Значение модуля появится в соответствующем поле ввода, информация об исходном контуре – в поле ***Исходный контур***.

- **угол наклона зубьев на делительном цилиндре**;

  Угол наклона зубьев на делительном цилиндре можно ввести вручную или рассчитать по суммарному коэффициенту смещения.

  Чтобы выполнить расчет, нажмите кнопку, расположенную справа от полей ввода значения параметра ***Угол наклона зубьев на делительном цилиндре***. Откроется окно, в котором выполняется расчет.



Введите суммарный коэффициент смещения и нажмите кнопку . Расчетное значение угла наклона зубьев появится в соответствующем поле. Нажмите кнопку ***OK***. Значение будет перенесено в окно ***Геометрический расчет***.

- **параметры стандартного исходного контура**;

  Поля, соответствующие параметрам исходного контура:

  - ***Угол профиля зуба исходного контура***,
  - ***Коэффициента высоты головки зуба исходного контура***,
  - ***Коэффициента радиального зазора исходного контура***,
  - ***Коэффициента радиуса кривизны переходной кривой в граничной точке профиля зуба исходного контура***

  будут заполнены автоматически. Значения параметров будут зависеть от выбранного модуля. Некоторые значения доступны для редактирования. Если навести курсор на поле ввода редактируемого значения, появится подсказка, в которой указан диапазон возможных значений параметра.

- **диаметр измерительного ролика**;

  По умолчанию в полях ввода отображается рекомендованное значение диаметра. Чтобы выбрать 378 другой диаметр, нажмите кнопку ***Подбор диаметра***, расположенную справа от полей ***Диаметр измерительного ролика (шарика)***.
  Чтобы вернуться к рекомендованному значению, нажмите клавишу ***<F10>***.

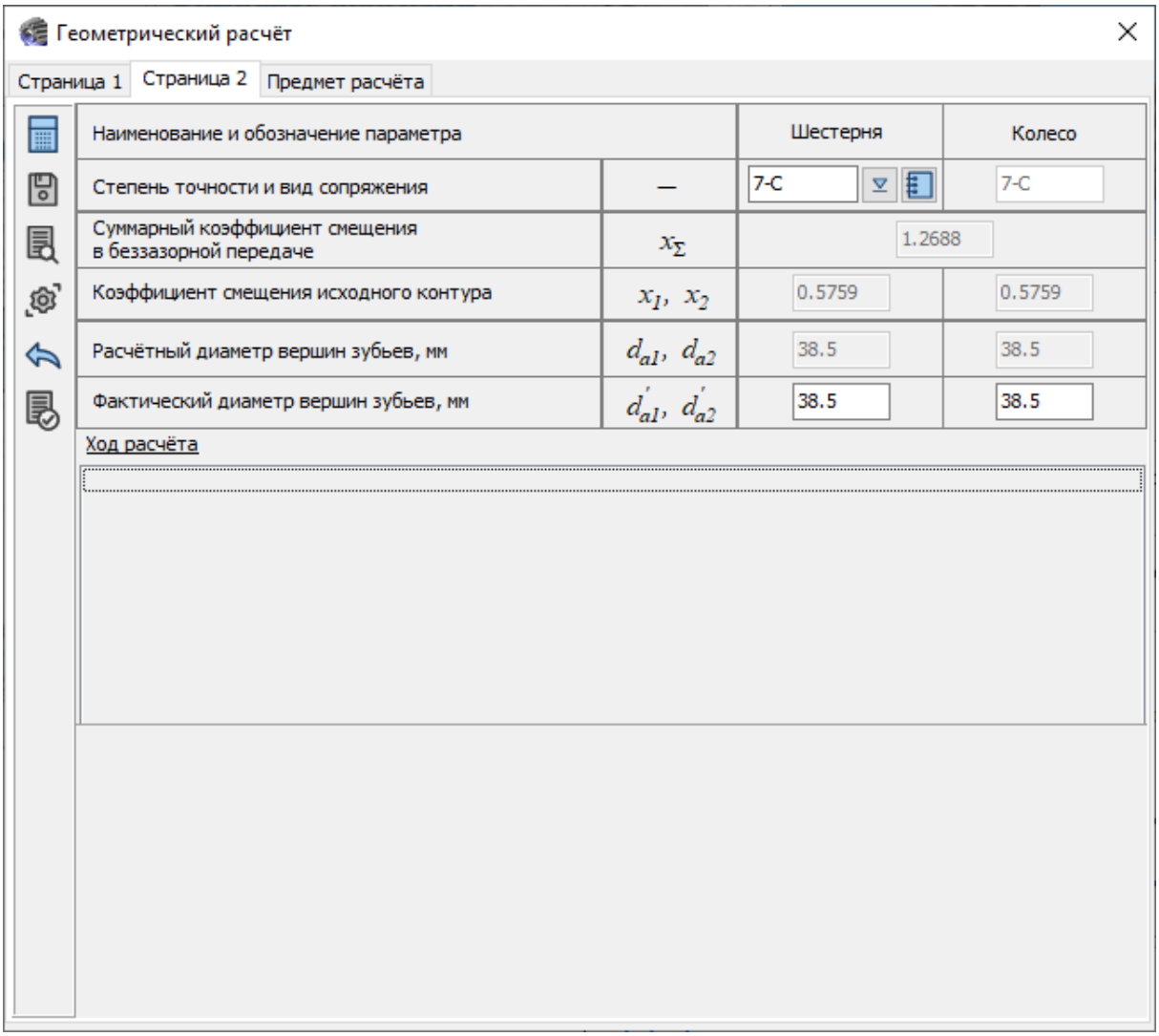
- **тип зуборезного инструмента**;

  Выбор типа зуборезного инструмента происходит из раскрывающегося списка возможных значений. При выборе вариантов ***долбяк***, ***червячная фреза***, ***дисковая фреза*** потребуется выбрать параметры зуборезного инструмента.

- **параметры зуборезного инструмента**.

  Выбор параметров зуборезного инструмента (долбяка 369, червячной фрезы 372, дисковой фрезы 375) осуществляется в специальных диалогах, которые открываются после нажатия кнопки ***Выбор (тип инструмента)***.

Введите данные на ***Странице 2***.



Особенности ввода некоторых данных:

- **степень точности**;
  - **Крупномодульные передачи**.

    При назначении степени точности крупномодульных цилиндрических зубчатых передач необходимо руководствоваться следующими положениями.

    1. Согласно ГОСТ 1643-81 «Основные нормы взаимозаменяемости. Передачи зубчатые цилиндрические. Допуски» для цилиндрических зубчатых передач внешнего и внутреннего зацепления с прямозубыми, косозубыми и шевронными зубчатыми колесами устанавливаются двенадцать степеней точности зубчатых колес и передач, обозначаемых в порядке убывания точности цифрами **1**, **2**, **3**, **4**, **5**, **6**, **7**, **8**, **9**, **10**, **11**, **12**.
    2. Для каждой степени точности устанавливаются нормы кинематической точности, плавности работы и контакта зубчатых колес в передаче.
    3. Допускается комбинирование различных степеней точности и норм кинематической точности, плавности работы и контакта зубчатых колес.

       При комбинировании необходимо соблюдать следующие условия:

- нормы плавности работы могут быть точнее (не более чем на две степени точности) или грубее (не более чем на одну степень точности) норм кинематической точности;
- нормы контакта зубчатых колес могут назначаться по любым более точным степеням, а также на одну степень грубее, чем нормы плавности работы зубчатых колес и передач.

4. Устанавливаются шесть видов сопряжений зубчатых колес – **A**, **B**, **C**, **D**, **E**, **H** и восемь видов допуска на боковой зазор – **x**, **y**, **z**, **a**, **b**, **c**, **d**, **h**. Значения приведены в порядке убывания величины бокового зазора и допуска на него.

   Виды сопряжений зубчатых колес в передаче в зависимости от степени точности по нормам плавности работы приведены в таблице.

Вид сопряжений	A	B	C	D	E	H
Степень точности по нормам плавности работы	3 – 12	3 – 11	3 – 9	3 – 8	3 – 7	3 – 7

5. Видам сопряжений **A**, **B**, **C**, **D** соответствуют виды допуска на боковой зазор **a**, **b**, **c**, **d** соответственно, а видам сопряжений **H** и **E** – вид допуска на боковой зазор **h**.

   Соответствие между видом сопряжений зубчатых колес в передаче и видом допуска на боковой зазор можно изменять; также могут быть использованы виды допусков **x**, **y**, **z**.

6. Точность изготовления зубчатых колес и передач задается степенью точности, а требования к боковому зазору – видом сопряжения по нормам бокового зазора.

Примеры условного обозначения точности цилиндрической передачи:

7 – C

Такая запись означает, что зубчатая передача имеет степень точности **7** по всем трем нормам (кинематическая точность, норма плавности работы и норма контакта), вид сопряжения - **C** и вид допуска на боковой зазор - **c**.

8 – 7 – 6 – Ba

Такая запись означает, что зубчатая передача по норме кинематической точности имеет степень точности **8**, по норме плавности работы – **7**, по норме контакта – **6**. Вид сопряжения зубчатых колес — **B**, вид допуска на боковой зазор – **a**.

Мелкомодульные передачи.

При назначении степени точности мелкомодульных цилиндрических зубчатых передач необходимо руководствоваться следующими положениями.

1. Согласно ГОСТ 9178-81 «Основные нормы взаимозаменяемости. Передачи зубчатые цилиндрические мелкомодульные» для цилиндрических зубчатых передач внешнего и внутреннего зацепления с прямозубыми и косозубыми зубчатыми колесами с модулем от 0,1 до 1,0 (исключительно) устанавливаются двенадцать степеней точности зубчатых колес и передач, обозначаемых в порядке убывания точности цифрами **1**, **2**, **3**, **4**, **5**, **6**, **7**, **8**, **9**, **10**, **11**, **12**.
2. Для каждой степени точности устанавливаются нормы кинематической точности, плавности работы и контакта зубчатых колес в передаче.
3. Допускается комбинирование различных степеней точности и норм кинематической точности, плавности работы и контакта зубчатых колес.

При комбинировании необходимо соблюдать следующие условия:

- нормы плавности работы могут быть на одну степень точности точнее или грубее норм кинематической точности;
- нормы контакта зубчатых колес могут назначаться по любым более точным степеням, а также на одну степень грубее, чем нормы плавности работы зубчатых колес и передач.

4. Для передач с нерегулируемым или регулируемым расположением осей устанавливается пять видов сопряжений зубчатых колес – **D**, **E**, **F**, **G**, **H** и четыре вида допуска на боковой зазор – **e**, **f**, **g**, **h**. Значения приведены в порядке убывания величины бокового зазора и допуска на него.

   Виды сопряжений зубчатых колес в передаче в зависимости от степени точности по нормам плавности работы приведены в таблице.

Вид сопряжений	**D**		**E**		**F**	**G**	**H**
Модуль m, мм	от 0,1 до 0,5	св. 0,5 до <1,0	от 0,1 до 0,5	св. 0,5 до 1,0	от 0,5 до <1,0		
Степень точности по нормам плавности работы	3 – 10	3 – 12	3 – 10	3 – 12	3 – 10	3 – 8	3 – 7

   Примечание. Для зубчатых колес с модулем m <= 0,3 мм, подлежащих изготовлению полнопрофильным инструментом, и зубчатых колес с модулем m < 0,2 мм, подлежащих изготовлению инструментом с ε открытым профилем, должна производиться проверка коэффициента перекрытия .

5. Видам сопряжений **D** и **E** соответствует вид допуска на боковой зазор **e**, а видам сопряжения **F**, **G**, **H –** виды допусков **f**, **g**, **h** соответственно.

   Соответствие между видом сопряжений зубчатых колес в передаче и видом допуска на боковой зазор можно изменять; также могут быть использованы виды допусков **x**, **y**, **z**.

   Соответствие между видом сопряжений зубчатых колес в передаче и видом допуска на боковой зазор можно изменять.

6. Точность изготовления зубчатых колес и передач задается степенью точности, а требования к боковому зазору – видом сопряжения по нормам бокового зазора.

Примеры условного обозначения точности цилиндрической передачи:

7 – G

Такая запись означает, что зубчатая передача имеет степень точности **7** по всем трем нормам (кинематическая точность, норма плавности работы и норма контакта), вид сопряжения - **G** и вид допуска на боковой зазор - **g**.

7 – 8 – 8 – Gf

Такая запись означает, что зубчатая передача по норме кинематической точности имеет степень точности **7**, по норме плавности работы – **8**, по норме контакта – **8**. Вид сопряжения зубчатых колес – **G**, вид допуска на боковой зазор – **f**.

- **выбор степени точности, вида сопряжения зубчатых колес и вида допуска на боковой зазор в зубчатой передаче**;

Чтобы ознакомится с показателями, характеризующими степень точности, либо назначить степень точности, отличную от базовой, нажмите кнопку  ***Выбор степени точности, вида сопряжения зубчатых колес и вида допуска на боковой зазор в зубчатой передаче***, расположенную справа от поля ***Степень точности и вид сопряжения***, и выполните необходимые действия в открывшемся окне ***Выбор степени точности, вида сопряжения зубчатых колес и вида допуска на боковой зазор*** 366.

- **фактический диаметр вершин зубьев**.

  Фактический диаметр вершин зубьев может быть равен, меньше или больше номинального (расчетного) диаметра.
  Максимальный фактический диаметр может быть больше номинального на величину, рассчитанную по формуле 2 * (c - 0,1) * m_n.
  Увеличенный диаметр позволяет увеличить коэффициент перекрытия. При этом нужно контролировать критерии качества зацепления – интерференцию и заострение зубьев.

Для управления исходными данными и расчетом используйте кнопки инструментальной панели.

Во время выполнения расчета происходит диагностика рассчитываемой передачи по различным критериям и показателям. Результаты диагностики отображаются в области ***Ход расчета***. Если диагностируемые параметры удовлетворительны, результаты диагностики выделены зеленым цветом. Если неудовлетворительны – красным.
Чтобы получить информационное сообщение с рекомендациями по исправлению ошибок, наведите курсор мыши на неудовлетворительный результат диагностики. В сообщениях используется специальная терминология 10.
Основной вывод по итогам диагностики передачи приведен в нижней части окна.

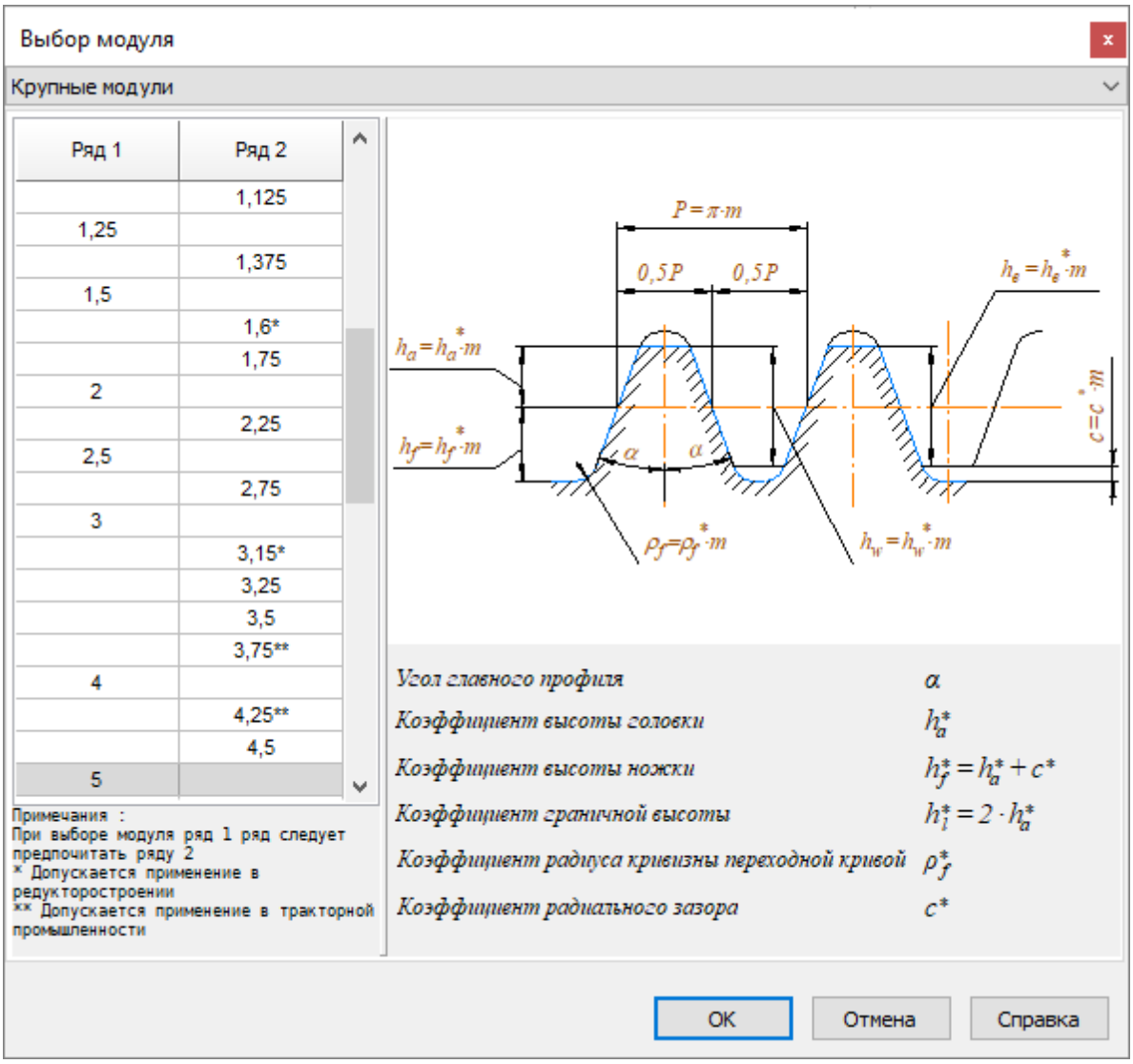
После выполнения расчета передачи можно визуализировать работу 380 зубчатого зацепления. Для этого нажмите на панели инструментов кнопку  ***Визуализация зацепления*** и выполните необходимые действия в открывшемся окне.



Для зубчатого колеса, спроектированного с нарушением показателей качества зацепления, могут возникнуть сложности при генерации 3D-модели.

Выбор модуля и исходного контура

Выбор модуля колеса и шестерни шестерённого насоса осуществляется в диалоге ***Выбор модуля***, который открывается после нажатия кнопки  ***Выбор модуля***, находящейся в окне ***Геометрический расчет*** справа от поля ***Модуль***.

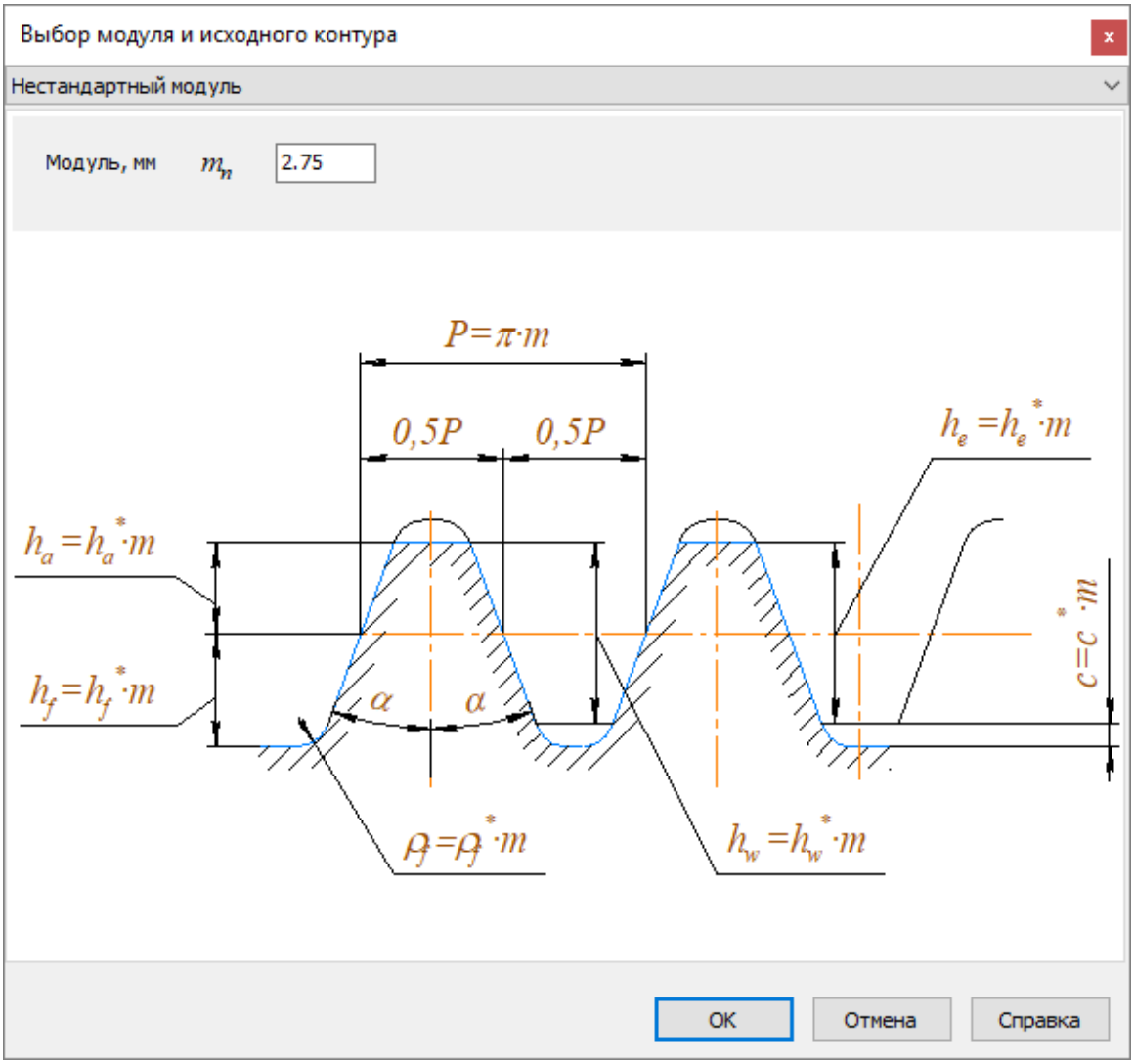


В верхней части окна находится раскрывающийся список, в котором перечислены варианты, доступные для выбора:

- крупные модули;
- мелкие модули;
- питчевые модули;
- нестандартный модуль.

1. Выберите из списка нужный вариант. В левой части окна будет показан список возможных значений модуля. В правой части приведены:
   - изображение исходного контура со всеми параметрами;
   - справочная информация об исходном контуре.
2. Щелчком мыши выберите значение модуля.

   Если вы выбрали вариант ***Нестандартный модуль***, введите в поле ***Модуль*** значение модуля.



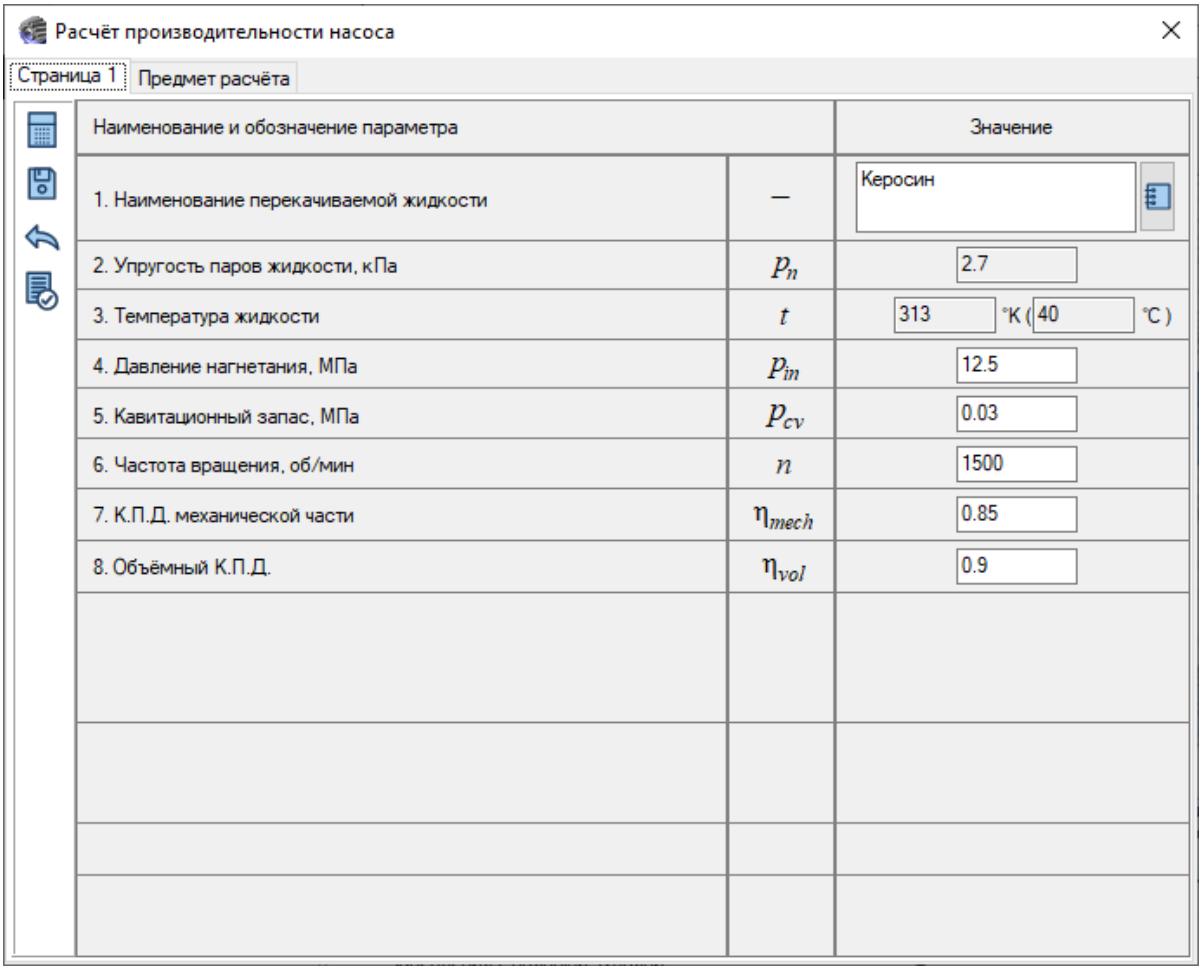
3. Нажмите кнопку ***ОК***. Значение модуля появится в поле ***Модуль***.

Расчет производительности насоса

Расчет производительности шестерённого насоса внешнего зацепления осуществляется после выполнения его геометрического 353 расчета.

Поля ввода исходных данных располагаются на ***Странице 1***. Данные на странице ***Предмет расчета*** (описательная информация о расчете) постоянны для всех расчетов передачи (геометрия, расчет производительности).

Введите данные на ***Странице 1***.



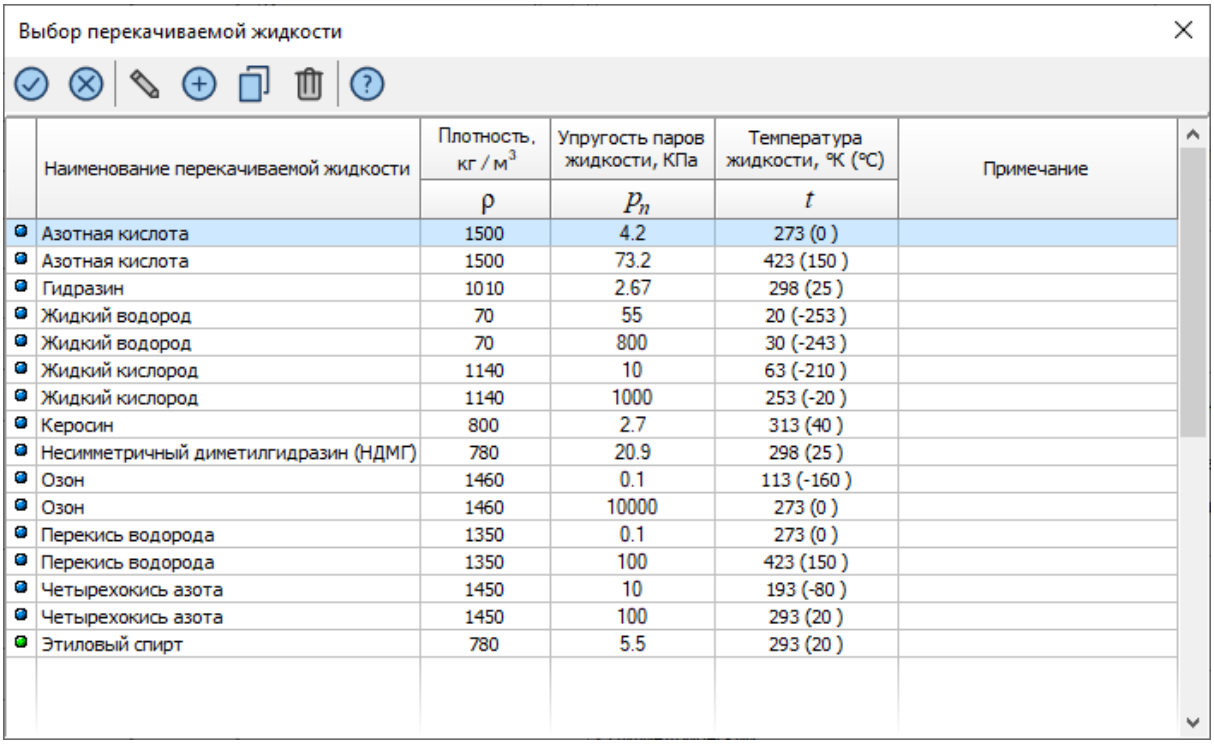
Чтобы выбрать жидкость, перекачиваемую насосом, нажмите кнопку ***Выбор жидкости*** , расположенную справа от поля ***Наименование перекачиваемой жидкости*** и выполните необходимые действия в открывшемся окне ***Выбор перекачиваемой жидкости***362. После этого значение характеристик жидкости появятся в соответствующих полях ввода.

Для управления данными и расчетом используйте кнопки инструментальной панели.

После выполнения расчета его результаты будут представлены в виде отчета и показаны в окне ***Результаты расчета***.

Выбор перекачиваемой жидкости

Выбор жидкости, перекачиваемой насосом, осуществляется в окне ***Выбор перекачиваемой жидкости***, которое открывается после нажатия кнопки ***Выбор жидкости***, находящейся в окне ***Расчет производительности насоса*** справа от поля ***Наименование перекачиваемой жидкости***.



	Наименование перекачиваемой жидкости	Плотность, кг / м^3 ρ	Упругость паров жидкости, КПа p_n	Температура жидкости, °K (°C) t	Примечание
●	Азотная кислота	1500	4.2	273 (0)	
●	Азотная кислота	1500	73.2	423 (150)	
●	Гидразин	1010	2.67	298 (25)	
●	Жидкий водород	70	55	20 (-253)	
●	Жидкий водород	70	800	30 (-243)	
●	Жидкий кислород	1140	10	63 (-210)	
●	Жидкий кислород	1140	1000	253 (-20)	
●	Керосин	800	2.7	313 (40)	
●	Несимметричный диметилгидразин (НДМГ)	780	20.9	298 (25)	
●	Озон	1460	0.1	113 (-160)	
●	Озон	1460	10000	273 (0)	
●	Перекись водорода	1350	0.1	273 (0)	
●	Перекись водорода	1350	100	423 (150)	
●	Четырехокись азота	1450	10	193 (-80)	
●	Четырехокись азота	1450	100	293 (20)	
●	Этиловый спирт	780	5.5	293 (20)	

В окне отображен список жидкостей. Жидкости, находящиеся в списке по умолчанию, отмечены значком ●. Жидкости, добавленные вручную, – значком ●. Для каждой жидкости показаны значения ее характеристик:

- плотность;
- упругость паров жидкости;
- температура, при которой актуальны текущие значения плотности и упругости паров жидкости.

Управление списком жидкостей осуществляется при помощи кнопок панели инструментов, перечисленных в таблице.

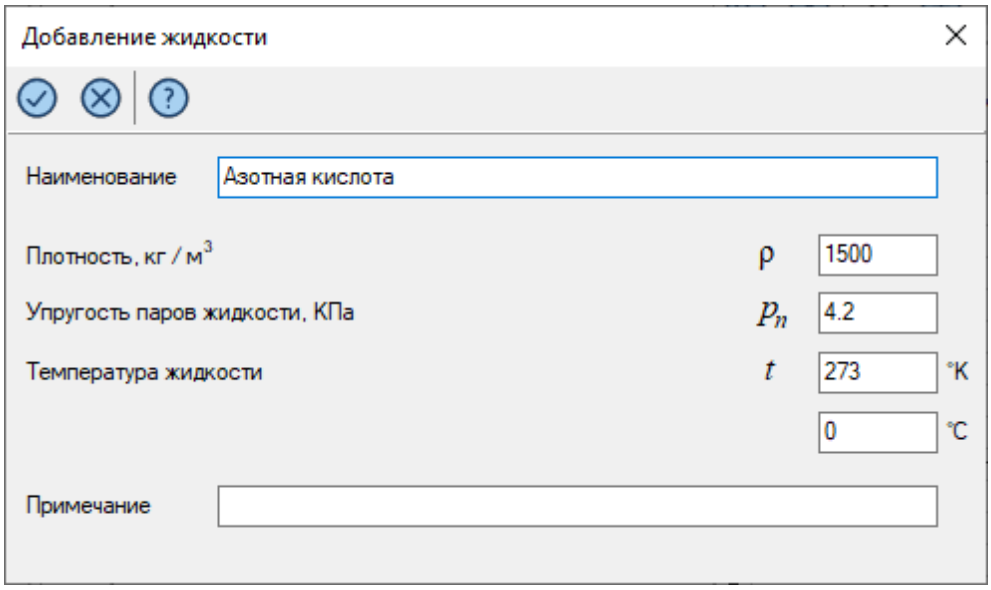
Кнопка	Название	Назначение
	Выбрать и выйти	Выбор жидкости в качестве перекачиваемой и закрытие окна
	Выйти без применения	Отказ от выбора жидкости и закрытие окна
	Добавить 364	Добавление в список новой жидкости
	Редактировать	Редактирование характеристик жидкости (активна для жидкостей, добавленных вручную)
	Создать копию	Открытие окна с характеристиками указанной жидкости с целью добавления новой жидкости на основе характеристик указанной

	Удалить	Удаление жидкости из списка (активна для жидкостей, добавленных вручную)
	Справка	Вызов справочной системы

Некоторые команды управления списком жидкостей доступны из контекстного меню.

Добавление жидкости

Чтобы пополнить список жидкостей, перекачиваемых насосом, нажмите на панели инструментов окна ***Выбор перекачиваемой жидкости*** кнопку ***Добавить***. Откроется окно ***Добавление жидкости***.



В соответствующие поля введите:

- наименование жидкости;
- плотность жидкости;
- упругость паров жидкости;
- температуру, при которой актуальны текущие значения плотности и упругости паров жидкости.

При необходимости введите текст примечания.

Для добавления жидкости в список нажмите кнопку ***Добавить жидкость***.

Общие приемы работы

При работе с модулем *КОМПАС-GEARS* вам придется осуществлять действия, порядок выполнения которых не зависит от типа рассчитываемой передачи. Такими действиями являются:

управление исходными данными 365;
выбор степени точности, вида сопряжения и вида допуска на боковой зазор 366;
выбор параметров зуборезного инструмента 369;
выбор диаметра измерительного ролика (шарика) 378.
управление списком пользовательских значений 379;
визуализация работы зубчатого зацепления 380.

Управление исходными данными

Управление исходными данными осуществляется при помощи команд раздела меню ***Исходные данные***, которое расположено в левом верхнем углу окон управления расчетами всех механических передач.

Команда	Назначение команды
Новый расчет	Выполнение нового расчета.
Чтение	Загрузка ранее сохраненных исходных данных из файла специального формата. Для каждого типа передач используется свой формат файлов: **.gear_exc_dat* – цилиндрические зубчатые передачи внешнего зацепления; **.gear_inc_dat* – цилиндрические зубчатые передачи внутреннего зацепления; **.gear_hel_dat* – винтовые эвольвентные передачи; **.gear_hel_dat* – реечные цилиндрические зубчатые передачи; **.plan_jos_dat* – планетарные передачи с одновенцовыми сателлитами; **.gear_crw_dat* – плоскоцилиндрические зубчатые передачи; **.gear_arc_dat* – цилиндрические зубчатые передачи с арочными зубьями; **.gear_spb_dat* – конические передачи с круговыми зубьями; **.gear_stb_dat* – конические передачи с прямыми зубьями; **.gear_tnb_dat* – конические передачи с тангенциальными зубьями; **.gear_sti_dat* – конические передачи внутреннего зацепления с прямыми зубьями; **.gear_hyp_dat* – гипоидные передачи; **.gear_nov_dat* – передачи Новикова; **.worm_cyl_dat* – червячные цилиндрические передачи; **.worm_gea_dat* – ортогональные передачи «Цилиндрический червяк – Цилиндрическое косозубое колесо»; **.worm_glb_dat* – глобоидные червячные передачи; **.worm_grc_dat* – червячно-реечная передача «ЦИлиндрический червяк – Зубчатая рейка»; **.worm_wrc_dat* – червячно-реечная передача «ЦИлиндрический червяк – Червячная рейка»; **.chai_rol_dat* – роликовые цепные передачи; **.belt_vee_dat* – клиноременные передачи;

	**.belt_too_dat* – зубчатоременные передачи; **.lant_gea_dat* – цевочные передачи; **.slee_gea_dat* – зубчатые соединительные муфты; **.slee_ged_dat* – зубчатые глухие муфты; **.plan_lnt_dat* – планетарно-цевочные передачи; **.gear_pmp_dat* – шестерённые насосы внешнего зацепления.
Восстановить последний расчет	Загрузка исходных данных и результатов последнего выполненного расчета.
Запись	Запись исходных данных в файл специального формата. Для каждого типа передачи используется свой формат файлов. Список форматов приведен в описании команды ***Чтение***.
Выход	Завершение работы модуля *КОМПАС-GEARS*.

Выбор степени точности, вида сопряжения и вида допуска на боковой зазор

В окне ***Выбор степени точности, вида сопряжения зубчатых колес и вида допуска на боковой зазор*** отображены списки степеней точности – базовый и пользовательский. Для каждой степени точности приведены значения характеризующих ее показателей.

Выбор степени точности, вида сопряжения и вида допуска на боковой зазор

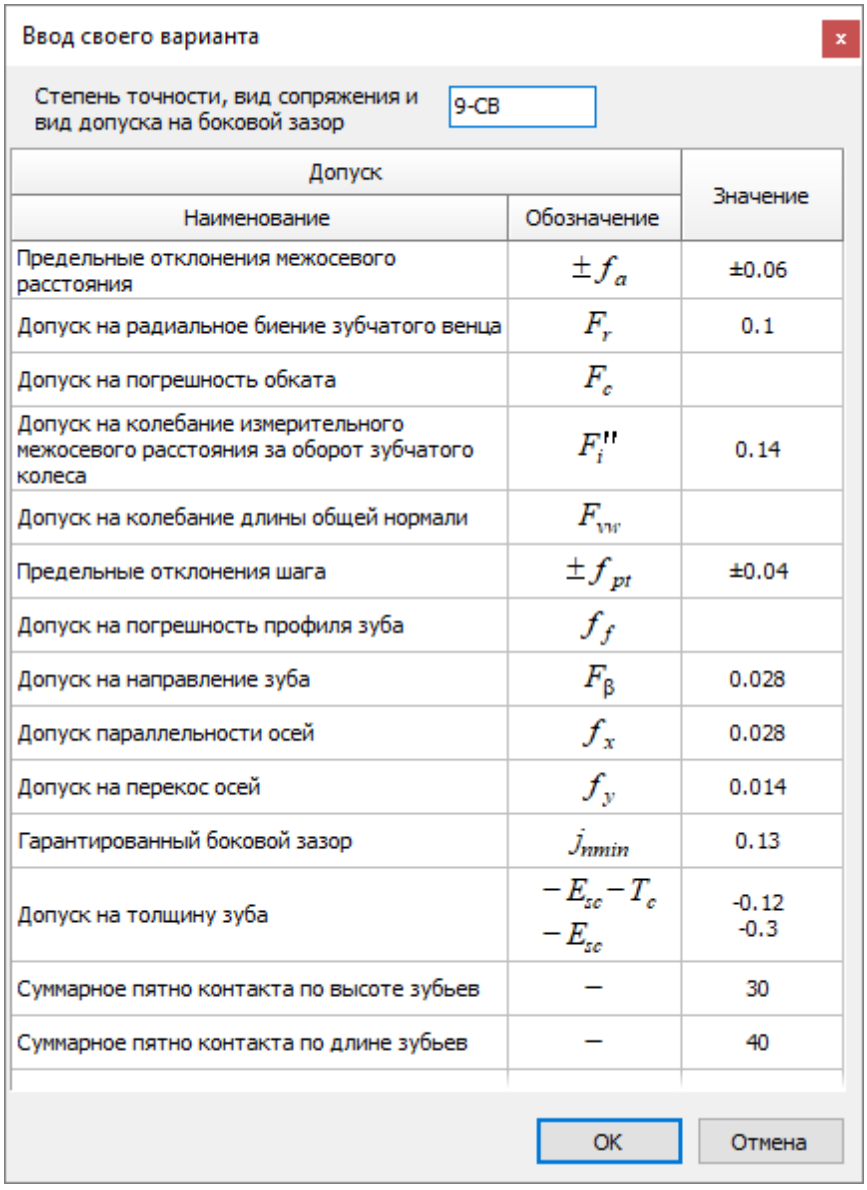
Степень точности, вид сопряжения и вид допуска на боковой зазор	$\pm f_a$	F_r	F_c	F_i''	F_{vw}	$\pm f_{pt}$	f_f	F_β	f_x	f_y	j_{nmin}	$-E_{sc}-T_c$ $-E_{sc}$	Суммарное пятно контакта	
													по высоте зубьев	по длине зубьев
Базовые варианты														
5-B	±0.1	0.025	0.018	0.036	0.018	±0.009	0.008	0.007	0.007	0.004	0.21	-0.14 -0.21	55	80
5-C	±0.06	0.025	0.018	0.036	0.018	±0.009	0.008	0.007	0.007	0.004	0.13	-0.08 -0.14	55	80
5-D	±0.04	0.025	0.018	0.036	0.018	±0.009	0.008	0.007	0.007	0.004	0.081	-0.055 -0.1	55	80
6-B	±0.1	0.04	0.028	0.056	0.028	±0.014	0.011	0.009	0.009	0.0045	0.21	-0.14 -0.23	50	70
6-C	±0.06	0.04	0.028	0.056	0.028	±0.014	0.011	0.009	0.009	0.0045	0.13	-0.08 -0.15	50	70
6-D	±0.04	0.04	0.028	0.056	0.028	±0.014	0.011	0.009	0.009	0.0045	0.081	-0.055 -0.115	50	70
7-B	±0.1	0.056	0.04	0.08	0.04	±0.02	0.016	0.011	0.011	0.0056	0.21	-0.14 -0.28	45	60
7-C	±0.06	0.056	0.04	0.08	0.04	±0.02	0.016	0.011	0.011	0.0056	0.13	-0.09 -0.19	45	60
7-D	±0.04	0.056	0.04	0.08	0.04	±0.02	0.016	0.011	0.011	0.0056	0.081	-0.06 -0.13	45	60
8-B	±0.1	0.071	0.05	0.1	0.05	±0.028	0.022	0.018	0.018	0.009	0.21	-0.16 -0.3	40	50
8-C	±0.06	0.071	0.05	0.1	0.05	±0.028	0.022	0.018	0.018	0.009	0.13	-0.1 -0.24	40	50
8-D	±0.04	0.071	0.05	0.1	0.05	±0.028	0.022	0.018	0.018	0.009	0.081	-0.07 -0.17	40	50
9-B	±0.1	0.1		0.14		±0.04		0.028	0.028	0.014	0.21	-0.18 -0.36	30	40
9-C	±0.06	0.1		0.14		±0.04		0.028	0.028	0.014	0.13	-0.12 -0.28	30	40
9-D	±0.06	0.1		0.14		±0.04		0.028	0.028	0.014	0.13	-0.12 -0.28	30	40
Пользовательские варианты														
7-CB	±0.06	0.056	0.04	0.08	0.04	±0.02	0.016	0.011	0.011	0.0056	0.13	-0.09 -0.23	45	60
7-CD	±0.06	0.056	0.04	0.08	0.04	±0.02	0.016	0.011	0.011	0.0056	0.13	-0.09 -0.16	45	60

Управление списком степеней точности осуществляется при помощи кнопок панели инструментов, перечисленных в таблице.

Кнопка	Название	Назначение
	***Добавить*** 367	Добавление степени точности в список пользовательских вариантов
	***Редактировать***	Редактирование показателей степени точности (активна для степеней точности, добавленных вручную)
	***Копировать вариант***	Открытие окна с показателями указанной степени точности с целью добавления новой степени точности на основе показателей указанной
	***Удалить***	Удаление степени точности из списка (активна для степеней точности, добавленных вручную)
	***Выбрать***	Выбор степени точности и закрытие окна
	***Отмена***	Отказ от выбора степени точности и закрытие окна

Добавление степени точности

Чтобы пополнить список степеней точности, нажмите на панели инструментов окна ***Выбор степени точности, вида сопряжения зубчатых колес и вида допуска на боковой зазор*** кнопку  ***Добавить***. Откроется окно ***Ввод своего варианта***.



Введите обозначение добавляемой степени точности, руководствуясь:

- ГОСТ 1643-81 «Основные нормы взаимозаменяемости. Передачи зубчатые цилиндрические. Допуски» – для крупномодульных передач;
- ГОСТ 9178-81 «Основные нормы взаимозаменяемости. Передачи зубчатые цилиндрические мелкомодульные» – для мелкомодульных передач.

Показатели, характеризующие эту степень точности, появятся в соответствующих полях.

Нажмите кнопку ***ОК***. Степень точности и значения ее показателей появятся в окне ***Выбор степени точности, вида сопряжения зубчатых колес и вида допуска на боковой зазор*** в списке ***Пользовательские варианты***.

Выбор параметров зуборезного инструмента

Выбор параметров зуборезного инструмента – это один из этапов геометрического расчета следующих типов механических передач:

- Цилиндрической зубчатой передачи внешнего зацепления;
- Цилиндрической зубчатой передачи внутреннего зацепления;
- Планетарной зубчатая передачи Джеймса с одновенцовыми сателлитами;
- Реечной цилиндрической зубчатой передачи;
- Винтовой эвольвентной зубчатой передачи;
- Ортогональной червячной передачи;
- Зубчатой глухой муфты;
- Зубчатой соединительной муфты.

В ходе расчеты вы сможете выбрать параметры следующих зуборезных инструментов:

долбяков 369;

червячных фрез 372;

дисковых фрез 375.

Долбяки

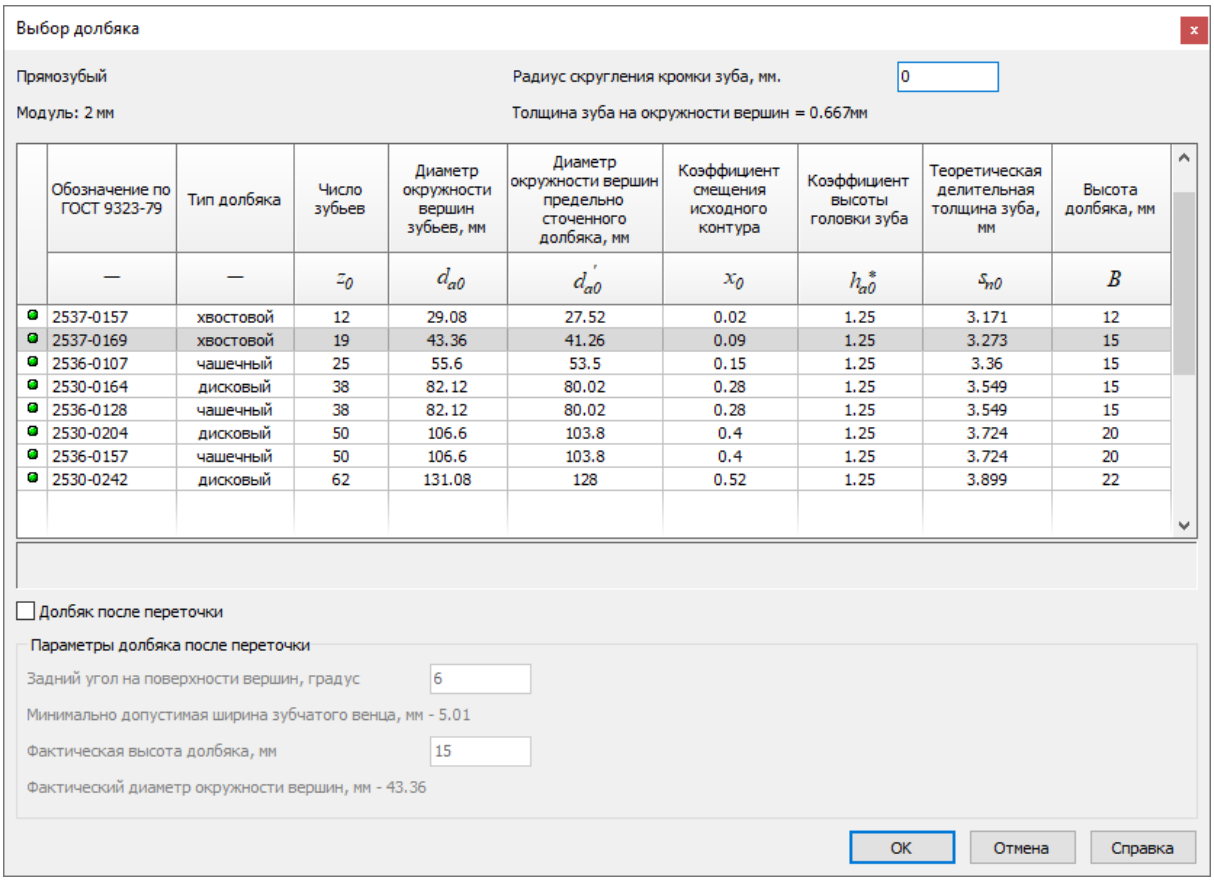
В зависимости от модуля зубчатых колес для их изготовления могут быть использованы следующие долбяки:

- прямозубые долбяки по ГОСТ 9323-79 369;
- нестандартные долбяки 370.

Долбяк

Выбор долбяка осуществляется в специальном окне, которое открывается после нажатия кнопки  ***Выбор долбяка***, находящейся в окне ***Геометрический расчет*** справа от поля ***Параметры зуборезного инструмента***.

В окне перечислены долбяки, с помощью которых может быть изготовлено колесо, а также приведены их параметры.



Слева от обозначения долбяков отображаются цветовые индикаторы.

Красным индикатором отмечены долбяки, число зубьев которых кратно числу зубьев нарезаемого колеса. Такие долбяки **не рекомендованы** к применению.

Зеленым индикатором отмечены долбяки, которые могут быть использованы.

Выберите из списка подходящий долбяк. Рекомендуется отдавать предпочтение долбякам с наибольшим количеством зубьев.
Если передача косозубая, то угол наклона зубьев будет установлен в соответствие с углом наклона зубьев долбяка.

Если долбяк был переточен, включите опцию ***Долбяк после переточки*** и установите значения параметров долбяка.

Нажмите кнопку ***ОК***. Число зубьев долбяка появится в окне ***Геометрический расчет*** в поле ввода ***Параметры зуборезного инструмента***.

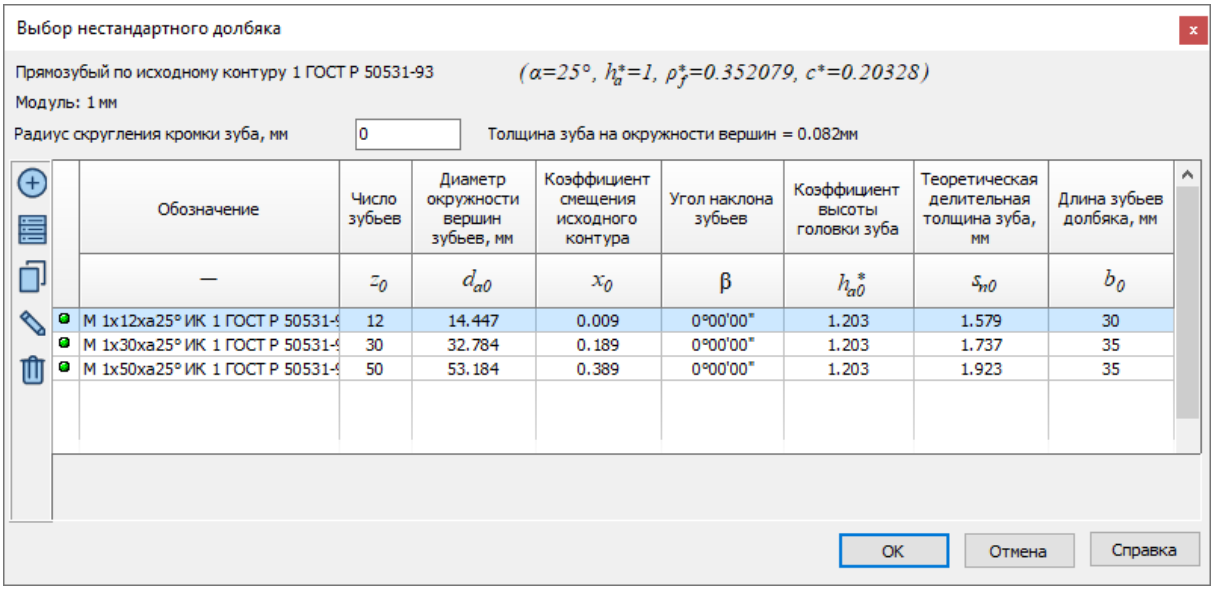
Нестандартный долбяк

Если модуль рассчитываемой передачи был выбран из групп:

- крупномодульные высоконапряженные передачи с исходным контуром по ГОСТ Р 50531-93;
- питчевые модули (исходный контур по стандартам других стран);
- метрические модули (исходный контур по стандартам других стран);

- нестандартный модуль

или для стандартного модуля с исходным контуром по ГОСТ 13755-81 в базе стандартных долбяков по ГОСТ 9323-79 не нашлось ни одного подходящего долбяка, то после нажатия кнопки  ***Выбор долбяка***, находящейся в окне ***Геометрический расчет*** справа от поля ввода ***Параметры зуборезного инструмента***, появится окно ***Выбор нестандартного долбяка***. Изначально оно пусто. Список нестандартных долбяков придется сформировать самостоятельно.



Управление списком долбяков осуществляется при помощи кнопок, перечисленных в таблице.

Кнопка	Название команды	Назначение команды
	***Добавить*** 371	Добавление в список нового долбяка.
	***Подобрать из базы долбяков по ГОСТ***	Подбор подходящего долбяка из базы стандартных долбяков. Если таких долбяков не будет найдено, на экране появится соответствующее сообщение.
	***Копировать***	Создание копии выбранного долбяка.
	***Редактировать***	Внесение изменений в параметры выбранного долбяка.
	***Удалить***	Удаление из списка указанного долбяка.

Выберите из списка подходящий долбяк и нажмите кнопку ***ОК***. Число зубьев долбяка появится в окне ***Геометрический расчет*** в поле ввода ***Параметры зуборезного инструмента***.

Добавление нового долбяка в список нестандартных долбяков

Чтобы добавить долбяк в список нестандартных долбяков, нажмите в окне ***Выбор нестандартного долбяка*** кнопку  ***Добавить***. Откроется окно ***Ввод нового долбяка***. Введите обозначение долбяка и задайте значения его параметров. Нажмите кнопку ***ОК***.

При добавлении в список нового нестандартного долбяка автоматически выполняется его расчет по РТМ-747 1954г.

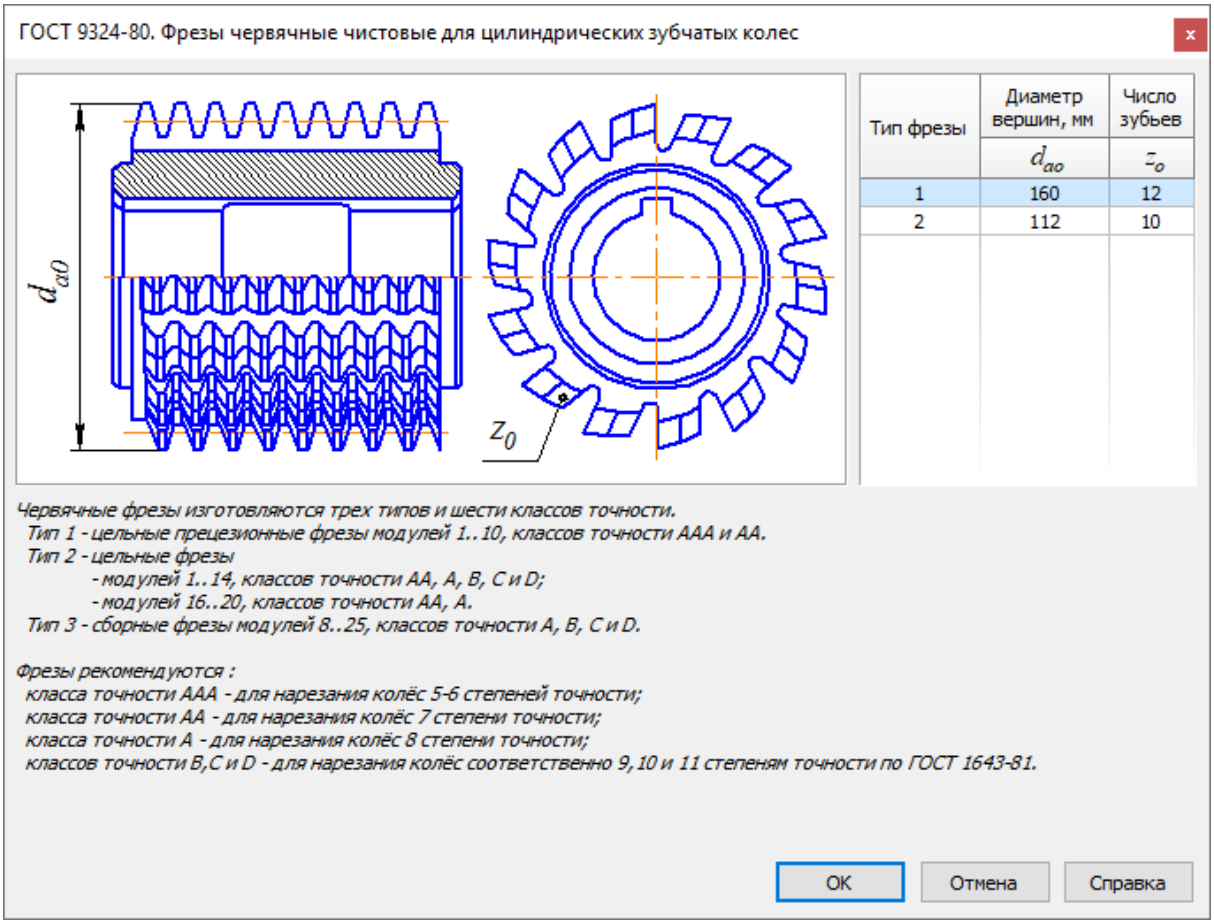
Червячные фрезы

В зависимости от типа и от модуля зубчатых колес для их изготовления могут быть использованы следующие червячные фрезы:

- фрезы червячные чистовые для цилиндрических зубчатых колес (ГОСТ 9324-80)372;
- фрезы червячные мелкомодульные для цилиндрических зубчатых колес (ГОСТ 10331-81373);
- фрезы червячные чистовые для цилиндрических зубчатых колес передач Новикова.
- нестандартные червячные фрезы374.

Чистовая червячная фреза

Выбор червячной фрезы осуществляется в специальном окне, которое открывается после нажатия кнопки  ***Выбор червячной фрезы***, находящейся в окне ***Геометрический расчет*** справа от поля ***Параметры зуборезного инструмента***.

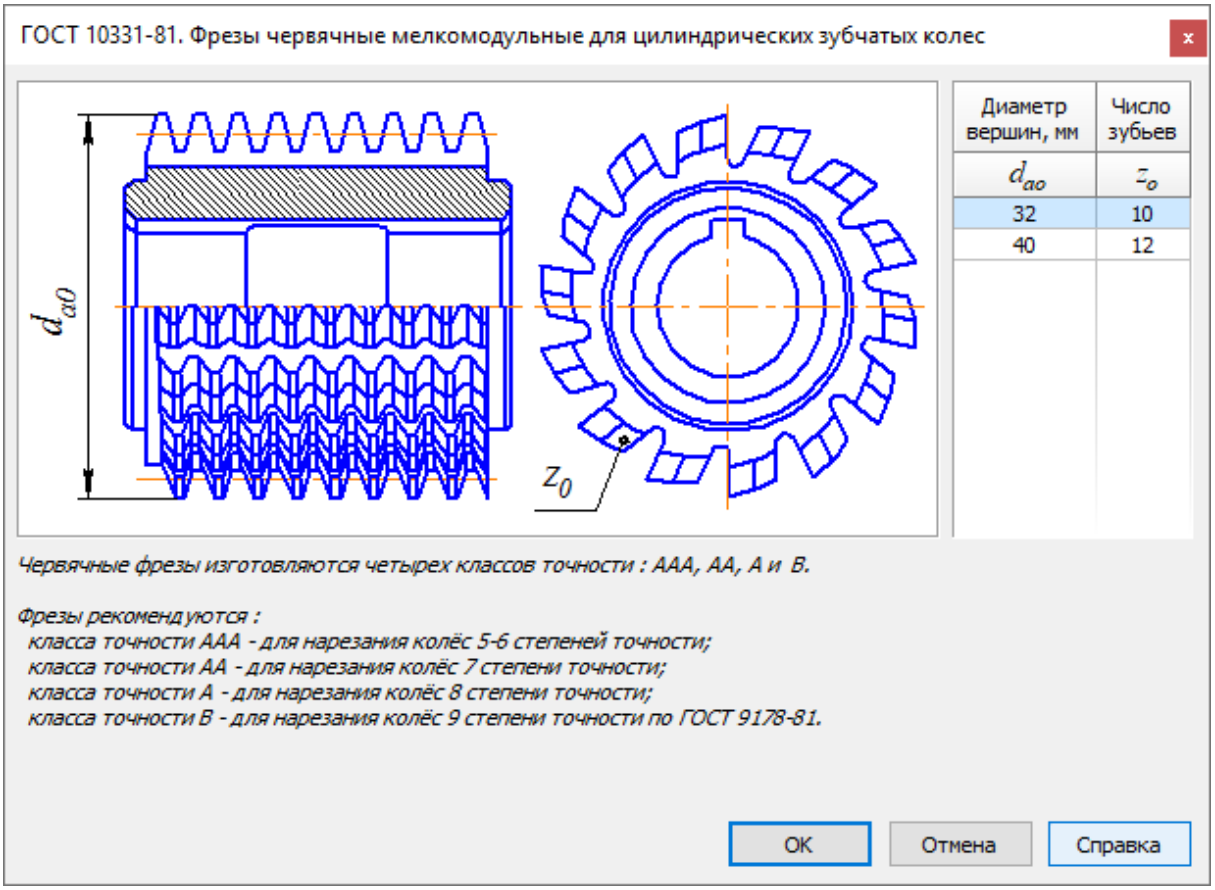


В окне содержится информация о типах и классах точности червячных фрез, а также приведены рекомендации по их применению.

Выберите в таблице подходящий тип фрезы и нажмите кнопку ***ОК***. Число зубьев и диаметр вершин фрезы появятся в окне ***Геометрический расчет*** в полях ***Параметры зуборезного инструмента – Число зубьев*** и ***Диаметр вершин***.

Мелкомодульная червячная фреза

Если модуль рассчитываемой передачи был выбран из группы *Мелкомодульные передачи с исходным контуром по ГОСТ 9587-81*, то после нажатия кнопки  ***Выбор червячной фрезы***, находящейся в окне ***Геометрический расчет*** справа от поля ***Параметры зуборезного инструмента***, появится окно ***ГОСТ 10331-81. Фрезы червячные мелкомодульные для цилиндрических зубчатых колес***.

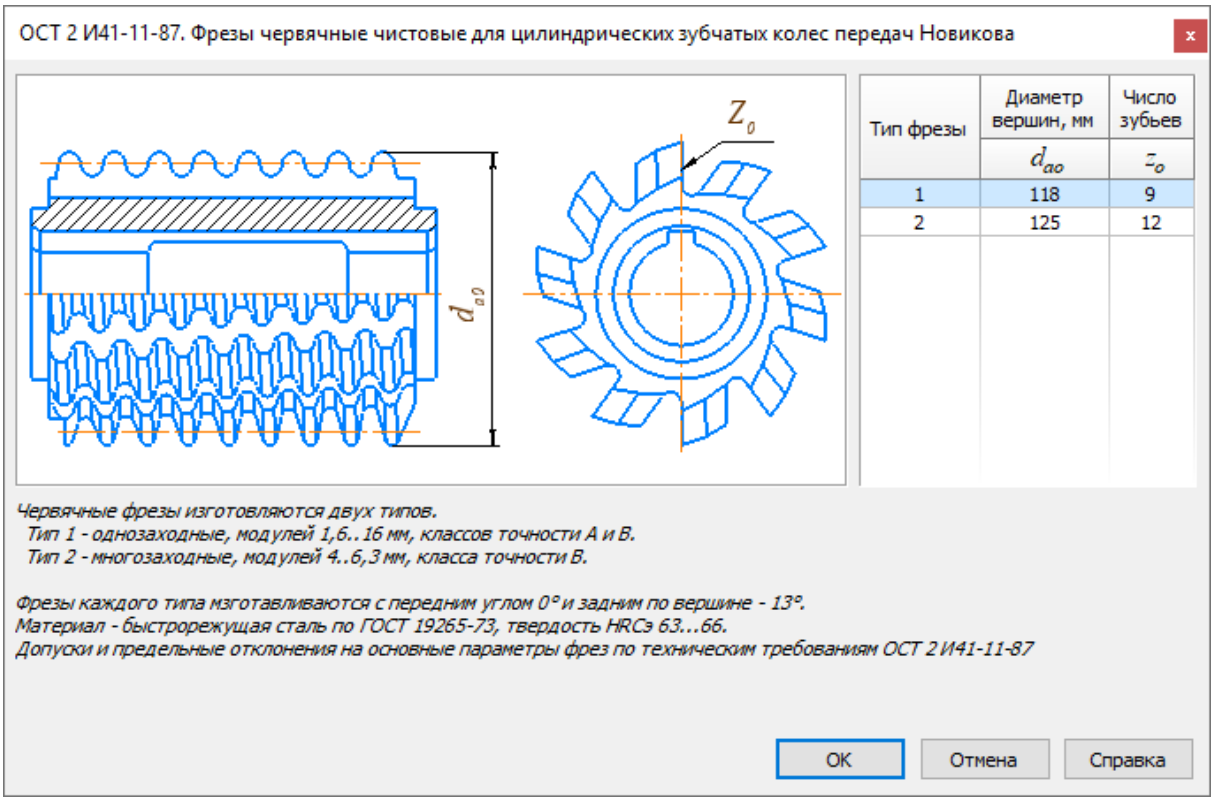


В окне содержится информация о классах точности червячных мелкомодульных фрез, а также приведены рекомендации по их применению.

Выберите в таблице подходящие параметры фрезы и нажмите кнопку ***ОК***. Число зубьев и диаметр вершин фрезы появятся в окне ***Геометрический расчет*** в полях ***Параметры зуборезного инструмента – Число зубьев*** и ***Диаметр вершин***.

Чистовая червячная фреза для зубчатых колес передач Новикова

Выбор червячной фрезы осуществляется в специальном окне, которое открывается после нажатия кнопки  ***Выбор червячной фрезы***, находящейся в окне ***Геометрический расчет*** справа от поля ***Параметры зуборезного инструмента***.



В окне содержится информация о типах и классах точности червячных фрез, а также приведены рекомендации по их применению.

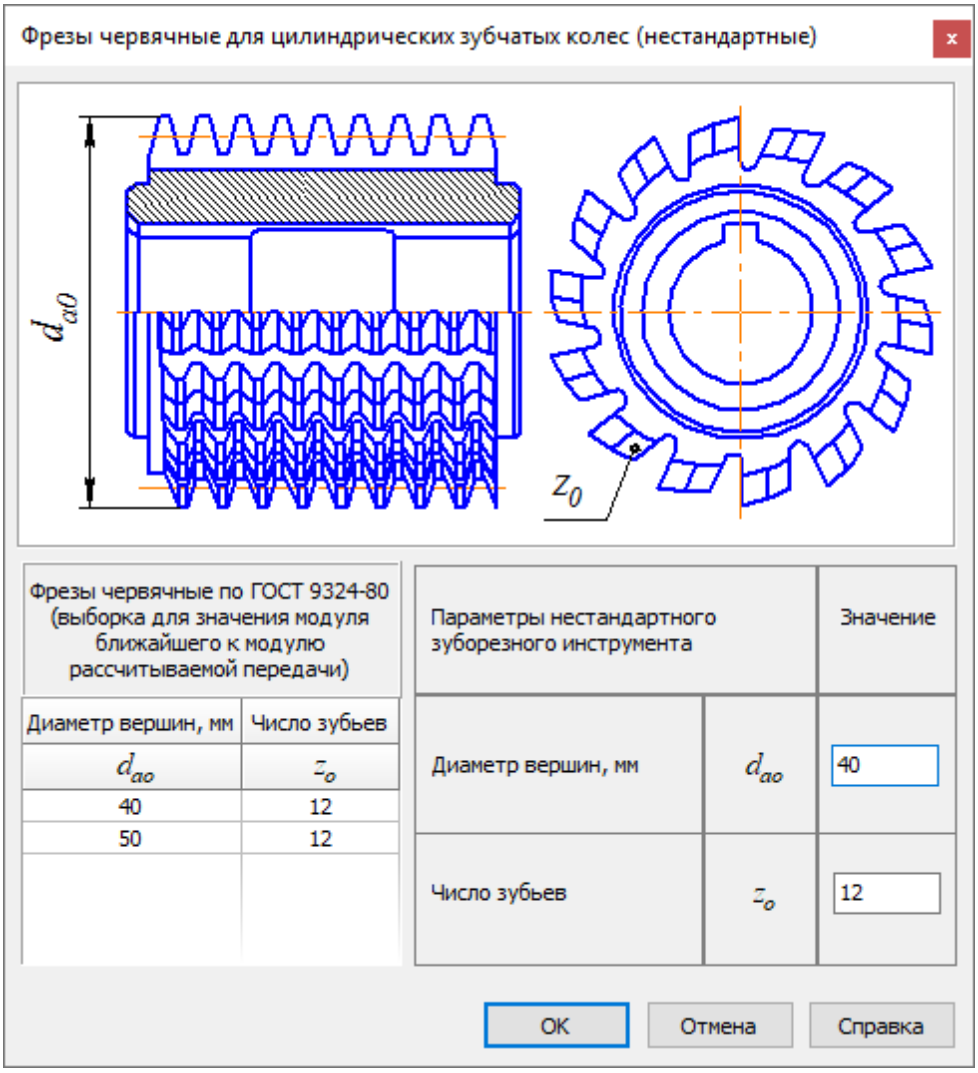
Выберите в таблице подходящий тип фрезы и нажмите кнопку ***ОК***. Число зубьев и диаметр вершин фрезы появятся в окне ***Геометрический расчет*** в полях ***Параметры зуборезного инструмента – Число зубьев*** и ***Диаметр вершин***.

Нестандартная червячная фреза

Если модуль рассчитываемой передачи был выбран из групп:

- крупномодульные высоконапряженные передачи с исходным контуром по ГОСТ Р 50531-93;
- крупномодульные передачи ГОСТ 9563-60;
- мелкомодульные передачи ГОСТ 13678-73;
- питчевые модули (исходный контур по стандартам других стран);
- метрические модули (исходный контур по стандартам других стран);
- нестандартный модуль,

то после нажатия кнопки  ***Выбор червячной фрезы***, находящейся в окне ***Геометрический расчет*** справа от поля ***Параметры зуборезного инструмента***, появится окно ***Фрезы червячные для цилиндрических зубчатых колес (нестандартные)***.



В окне приведен список параметров стандартных фрез, которые обеспечивают изготовление зубчатых колес с модулем, ближайшим к модулю рассчитываемой передачи. Ориентируясь на эти параметры, введите значения параметров нестандартного инструмента – ***Диаметр вершин*** и ***Число зубьев***.

Нажмите кнопку ***ОК***. Число зубьев и диаметр вершин фрезы появятся в окне ***Геометрический расчет*** в полях ***Параметры зуборезного инструмента – Число зубьев*** и ***Диаметр вершин***.

Дисковые фрезы

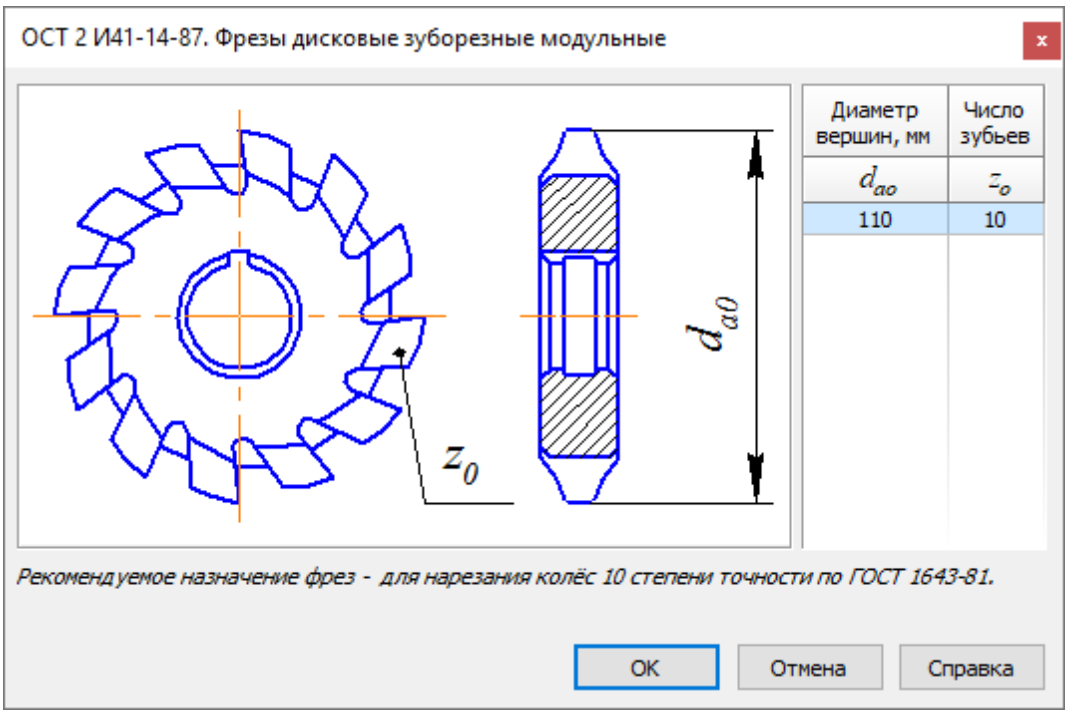
В зависимости от модуля зубчатых колес для их изготовления могут быть использованы следующие дисковые фрезы:

- фрезы дисковые зуборезные модульные (ОСТ 2 И41-14-87) 376;
- фрезы дисковые зуборезные мелкомодульные (ГОСТ 13838-68) 376;

- нестандартные дисковые фрезы 377.

Дисковая фреза

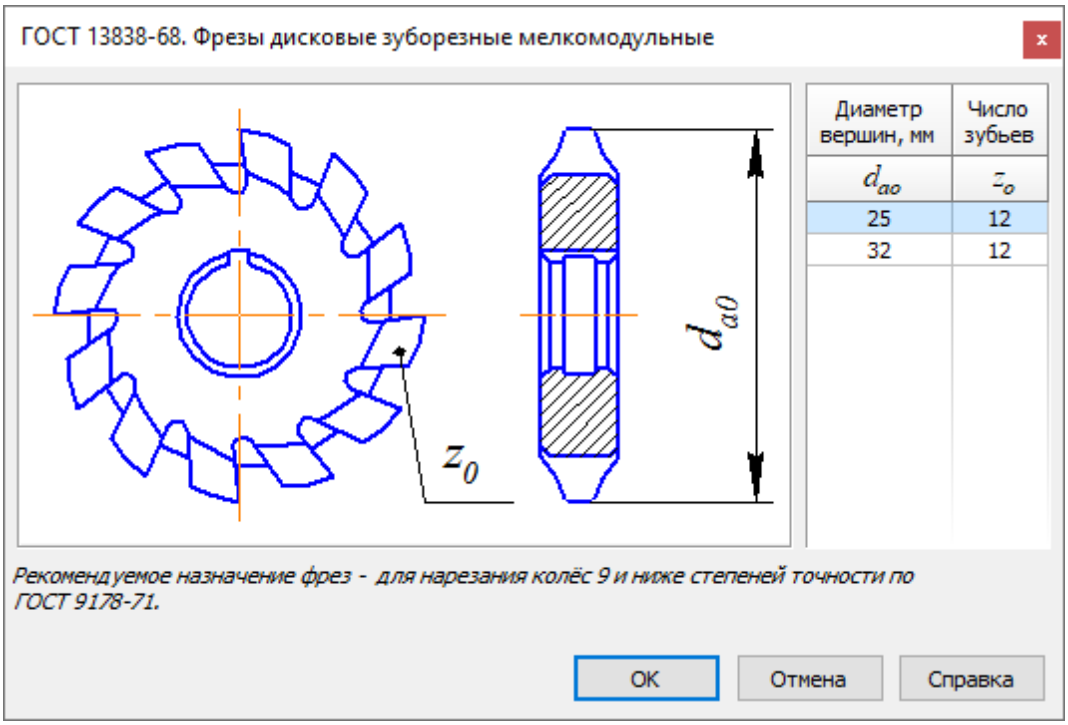
Выбор дисковой фрезы осуществляется в специальном окне, которое открывается после нажатия кнопки  ***Выбор дисковой фрезы***, находящейся в окне ***Геометрический расчет*** справа от поля ***Параметры зуборезного инструмента***.



Выберите в таблице подходящие параметры фрезы (если предусмотрено несколько вариантов) и нажмите кнопку ***ОК***. Число зубьев и диаметр вершин фрезы появятся в окне ***Геометрический расчет*** в полях ***Параметры зуборезного инструмента – Число зубьев*** и ***Диаметр вершин***.

Мелкомодульная дисковая фреза

Если модуль рассчитываемой передачи был выбран из группы *Мелкомодульные передачи с исходным контуром по ГОСТ 9587-81*, то после нажатия кнопки  ***Выбор дисковой фрезы***, находящейся в окне ***Геометрический расчет*** справа от поля ***Параметры зуборезного инструмента***, появится окно ***ГОСТ 13838-68. Фрезы дисковые зуборезные мелкомодульные***.



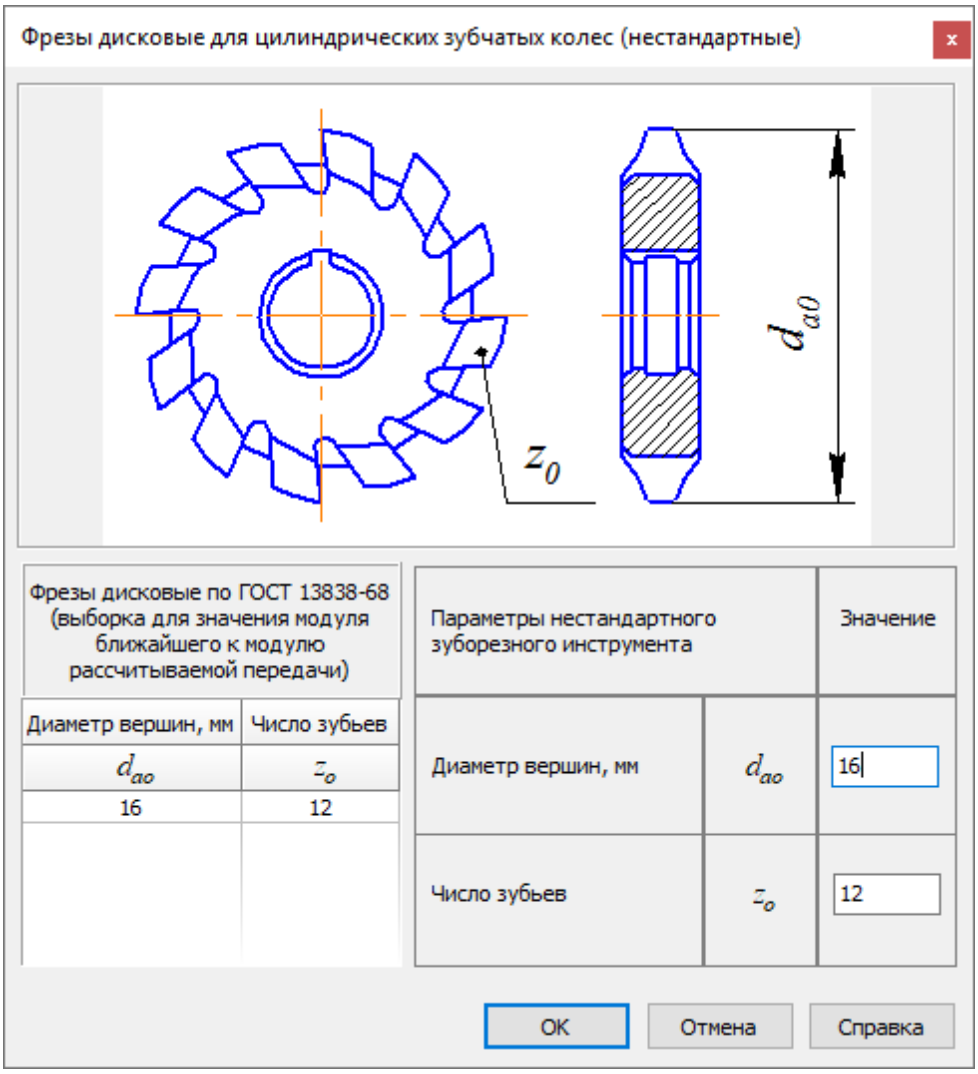
Выберите в таблице подходящие параметры фрезы (если предусмотрено несколько вариантов) и нажмите кнопку ***ОК***. Число зубьев и диаметр вершин фрезы появятся в окне ***Геометрический расчет*** в полях ***Параметры зуборезного инструмента – Число зубьев*** и ***Диаметр вершин***.

Нестандартная дисковая фреза

Если модуль рассчитываемой передачи был выбран из групп:

- крупномодульные высоконапряженные передачи с исходным контуром по ГОСТ Р 50531-93;
- крупномодульные передачи ГОСТ 9563-60;
- мелкомодульные передачи ГОСТ 13678-73;
- питчевые модули (исходный контур по стандартам других стран);
- метрические модули (исходный контур по стандартам других стран);
- нестандартный модуль,

то после нажатия кнопки  ***Выбор дисковой фрезы***, находящейся в окне ***Геометрический расчет*** справа от поля ***Параметры зуборезного инструмента***, появится окно ***Фрезы дисковые для цилиндрических зубчатых колес (нестандартные)***.

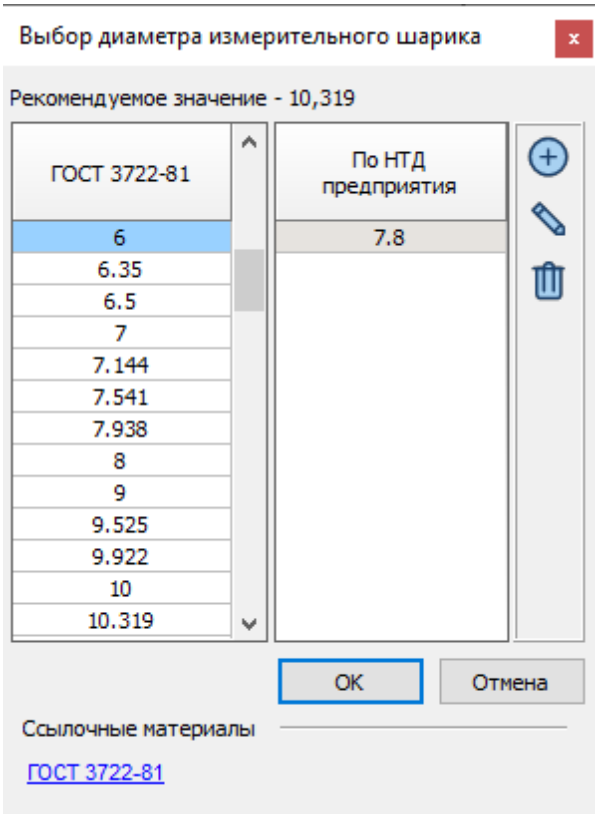


В окне приведен список параметров стандартных фрез, которые обеспечивают изготовление зубчатых колес с модулем, ближайшим к модулю рассчитываемой передачи. Ориентируясь на эти параметры, введите значения параметров нестандартного инструмента – ***Диаметр вершин*** и ***Число зубьев***.

Нажмите кнопку ***OK***. Число зубьев и диаметр вершин фрезы появятся в окне ***Геометрический расчет*** в полях ***Параметры зуборезного инструмента – Число зубьев*** и ***Диаметр вершин***.

Выбор диаметра измерительного ролика (шарика)

Выбор диаметра измерительного ролика (шарика) осуществляется в окне, которое открывается после нажатия кнопки ***Подбор диаметра***, расположенной справа от полей ***Диаметр измерительного ролика (шарика)***. В верхней части окна приведено рекомендуемое значение диаметра.



В окне содержатся два списка. В левом содержатся значения диаметров, регламентированные стандартами (ссылки на эти стандарты приведены в нижней части окна). В правом – значения диаметров, допускаемых нормативно-технической документацией предприятия.
Содержимое правого списка может быть откорректировано при помощи кнопок панели инструментов, перечисленных в таблице.

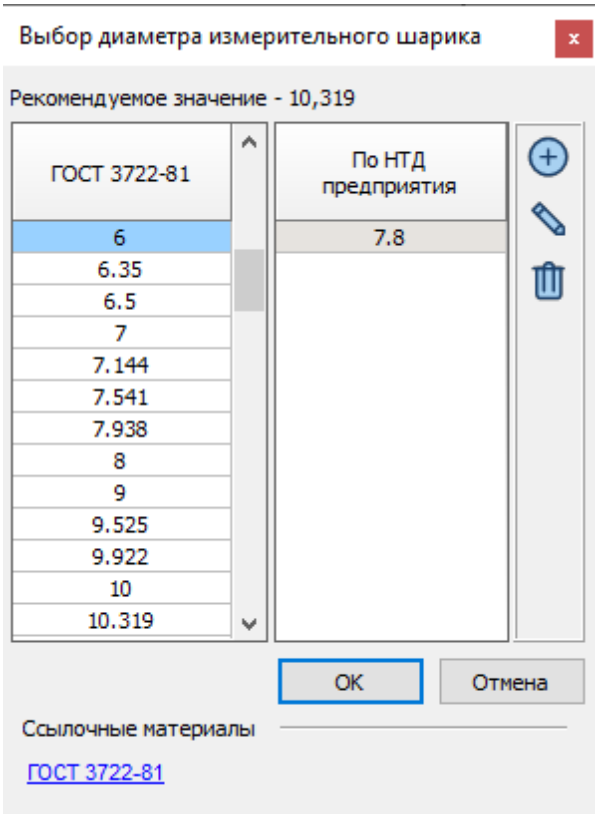
Кнопка	Название	Назначение
	Добавить	Добавление в список нового значения диаметра
	Редактировать	Редактирование текущего значение диаметра
	Удалить	Удаление из списка текущего значения диаметра

После выбора нужного значения диаметра измерительного ролика (шарика) нажмите кнопку ***ОК***. Окно закроется, выбранное значение появится в поле ввода ***Диаметр измерительного ролика (шарика)*** окна ***Геометрический расчет***.

Управление списком пользовательских значений

При выполнении расчетов значения некоторых параметров выбираются из списков значений, регламентированных стандартами или иными нормативными документами. В окне выбора значений можно создать дополнительный список с пользовательскими значениями. Управление списком

пользовательских значений осуществляется при помощи кнопок панели инструментов, перечисленных в таблице.



Кнопка	Название	Назначение
	Добавить	Добавление в список нового значения
	Редактировать	Редактирование текущего значение
	Удалить	Удаление из списка текущего значения

Визуализация работы зубчатого зацепления

После выполнения расчета можно визуализировать работу зацепления.

Нажмите на инструментальной панели окна ***Геометрический расчет*** кнопку ***Визуализация зацепления***. Откроется окно, в котором показано зацепление рассчитанной передачи.
В верхней части окна расположены кнопки вызова команд, перечисленных в таблице, а также другие элементы управления визуализацией. Набор кнопок и элементов управления зависит от типа рассчитанной передачи.

Кнопка	Название команды	Назначение команды

	***Показать зацепление в динамике***	Воспроизведение работы зацепления.
	***Остановить динамику***	Остановка движения зацепления. Также остановить движение можно при помощи клавишу <*Esc*>.
	***Вернуть зацепление в исходное положение***	Возвращение зацепления в исходное положение.
	***Сохранить изображение***	После вызова команды откроется стандартный диалог сохранения файлов Windows, в котором предстоит выбрать месторасположение и формат файла с изображением результата визуализации зацепления. Изображение может быть сохранено: • в растровом графическом формате **.png*; • в векторном формате **.svg*; • в формате документа КОМПАС-3D типа *Фрагмент *.frw*.
	***Довернуть шестерню до касания профилей зубьев***	Доворот зацепления до указанного состояния

Кроме того, при визуализации зацепления можно:

- вручную управлять вращением при помощи «бегунка»  , расположенного на панели инструментов, или кнопок со стрелками на клавиатуре;
- выбирать ***Тип генерации венцов*** из раскрывающегося списка.