



**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования**

**«Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»  
(ФГБОУ ВО МГТУ «СТАНКИН»)**

---

**Институт информационных  
технологий**

**Кафедра информационных  
технологий и вычислительных  
систем**

**Курсовая работа**

**по дисциплине «Базы данных»**

**«Проверочный расчет для передач зубчатым ремнем на прочность зубьев  
ремня»**

*Вариант 11*

Выполнил:  
студент группы ИДБ-22-04

Мишекин Д.И.

Проверил:  
преподаватель

Семячкова Е.Г.

Москва 2024 г.

## Оглавление

Задание на выполнение курсовой работы .....	3
1. Описание начальной модели предметной задачи.....	3
<b>1.1. Описание информационной структуры.....</b>	<b>3</b>
<b>Спецификация С. Классификация информации задачи.....</b>	<b>4</b>
<b>Спецификация D1: Описание параметров .....</b>	<b>5</b>
<b>1.2. Описание функциональной структуры .....</b>	<b>6</b>
<b>Спецификация А. Описание структуры предметных действий задачи ..</b>	<b>11</b>
<b>Спецификация В. Описание параметров предметной задачи.....</b>	<b>13</b>
<b>1.3 Описание модели в целом .....</b>	<b>15</b>
<b>Матричная диаграмма.....</b>	<b>15</b>
<b>Спецификация D. Описание элементарных действий задачи.....</b>	<b>16</b>
<b>Спецификация D2. Описание структурных свойств действий задачи. ..</b>	<b>22</b>
2. Описание выбранной программно-технической среды.....	25
3. Описание модели данных .....	27
4. Реализация автоматизированной процедуры.....	27
Описание таблиц постоянной информации .....	27
Заключение .....	30
Список литературы .....	31

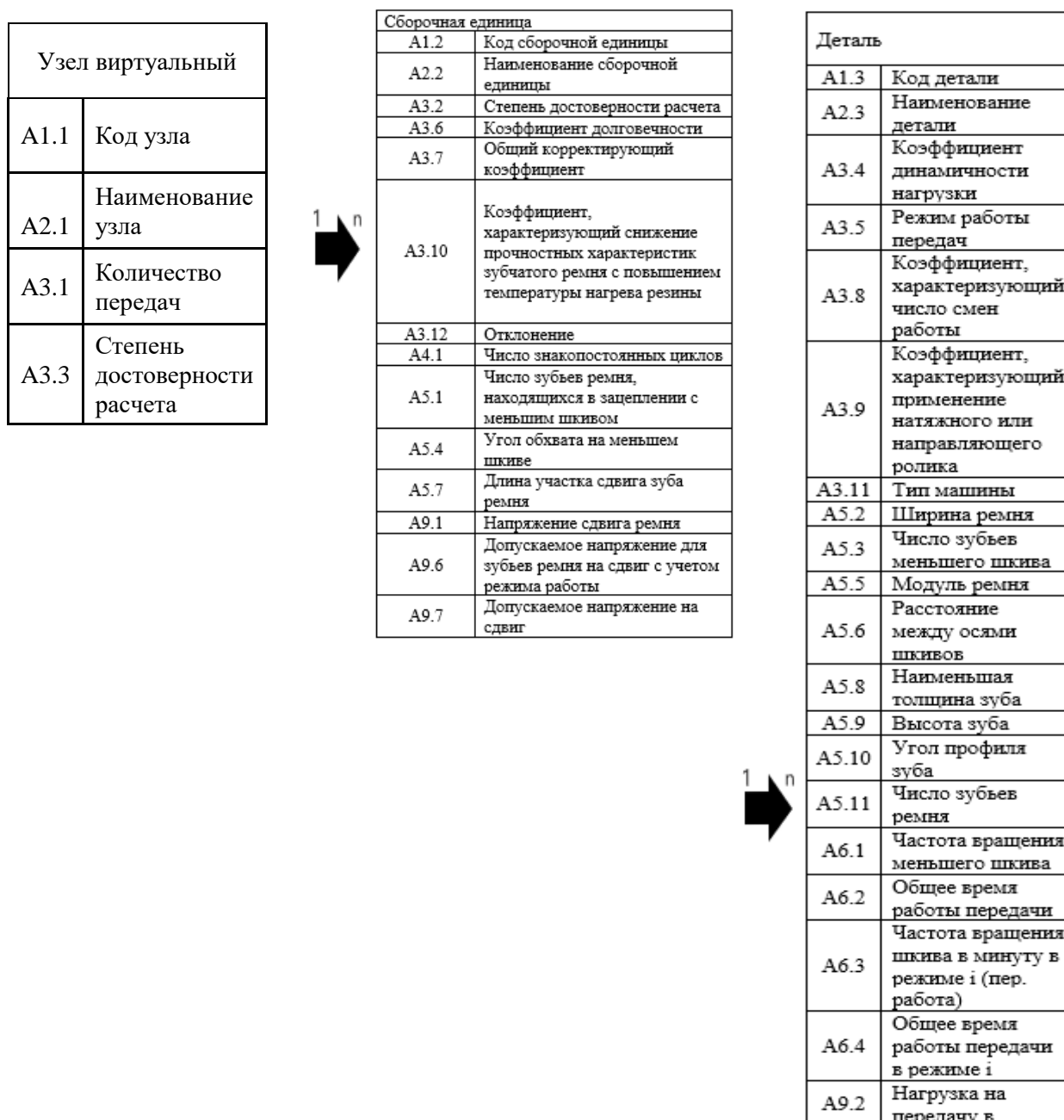
## Задание на выполнение курсовой работы

Задание на курсовой проект заключалось в разработке средства автоматизации проверочного расчета для передач зубчатым ремнем на прочность зубьев ремня.

### 1. Описание начальной модели предметной задачи

#### 1.1. Описание информационной структуры

Информационная структура представлена диаграммой "сущность-связь" (рис.1) и двумя спецификациями - спецификация С (табл. 1) и спецификация D1 (табл.2).



	режиме $i$ (пер. работа)
A9.3	Максимально длительно действующая нагрузка
A9.4	Число смен работы
A9.5	Число роликов
A9.8	Предел прочности резины на отрыв от основания

*Рис.1 Диаграмма информационной структуры*

## Спецификация С. Классификация информации задачи.

**Таблица 1**

Тип информации	Вид информации	Содержание информации
Постоянная	Текстовая	ГОСТ 21354-75, «Расчёт и проектирование деталей машин»:  Учеб. Пособия для вузов/К.П. Жуков, А.К. Кузнецова, С.И. Масленникова, Г.Б. Столбин, В.А.Хлунов, Н.И. Цейтлин; Под ред. Г.Б.Столбина и К.П.Жукова. – М.: Высш.школа, 1978. – стр 8-12.
Условно-постоянная	Параметрическая	Тип сборочной единицы, <b>TSE</b> («ременная»); Вид сборочной единицы, <b>VSE</b> («зубчатым ремнём»); Наименование сборочной единицы, <b>NSE</b> («передача»); Наименование детали, <b>ND</b> («ремень», «шкив»); Тип детали, <b>TD</b> («зубчатый»); Код детали, <b>KD</b> ; Код сборочной единицы, <b>KSE</b> ; Коэффициент динамичности нагрузки, <b>Kд</b> ; Режим работы передач, <b>PP</b> ; Коэффициент, характеризующий число смен работы, <b>phic</b> ; Коэффициент, характеризующий применение натяжного или направляющего ролика, <b>phip</b> ; Тип машины, <b>type</b> ; Ширина ремня, <b>b</b> ; Число зубьев меньшего шкива, <b>z1</b> ; Модуль ремня, <b>m</b> ; Расстояние между осями шкивов, <b>a</b> ; Наименьшая толщина зуба, <b>S</b> ; Высота зуба, <b>h</b> ; Угол профиля зуба, <b>2gamma</b> ; Число зубьев ремня, <b>zp</b> ; Частота вращения меньшего шкива, <b>n1</b> ; Общее время работы передачи, <b>tч</b> ; Частота вращения шкива в минуту в режиме $i$ (пер. работа), <b>ni</b> ; Общее время работы передачи в режиме $i$ , <b>tчи</b> ; Нагрузка на передачу в режиме $i$ (пер. работа), <b>Fi</b> ; Максимально длительно действующая нагрузка, <b>F1</b> ; Число смен работы, <b>чсмен</b> ; Число роликов, <b>чрол</b> ; Предел прочности резины на отрыв от основания, <b>sigma' в</b> ;

Промежуточные проектные решения	Параметрическая	Степень достоверности расчета, <b>dost</b> ; Коэффициент долговечности, <b>Kp</b> ; Общий корректирующий коэффициент, <b>phi</b> ; Коэффициент, характеризующий снижение прочностных характеристик зубчатого ремня с повышением температуры нагрева резины, <b>phit</b> ; Отклонение, <b>delta</b> ; Число знакопостоянных циклов, <b>Nц</b> ; Число зубьев ремня, находящихся в зацеплении с меньшим шкивом, <b>z0</b> ; Угол обхвата на меньшем шкиве, <b>alpha1</b> ; Длина участка сдвига зуба ремня, <b>S1</b> ; Напряжение сдвига ремня, <b>sigma*сд</b> ; Допускаемое напряжение для зубьев ремня на сдвиг с учетом режима работы, <b>sigma сд.р.</b> ; Допускаемое напряжение на сдвиг, <b>sigma сд</b> ; Отклонение <b>delta</b> ;
Законченные проектные решения	Параметрическая	Массив степеней достоверности расчета, <b>{dost}</b> ;

## Спецификация D1: Описание параметров

Таблица 2

Код	Наименование	Обозначение	Объект
A1.1	Код узла	KUZ	Узел виртуальный
A1.2	Код сборочной единицы	KSE	Сборочная единица
A1.3	Код детали	KD	Деталь
A2.1	Наименование узла	NUZ	Узел виртуальный
A2.2	Наименование сборочной единицы	NSE	Сборочная единица
A2.3	Наименование детали	ND	Деталь
A3.1	Количество передач	i	Узел виртуальный
A3.2	Степень достоверности расчета	dost	Сборочная единица
A3.3	Степень достоверности расчета	{dost}	Узел виртуальный
A3.4	Коэффициент динамичности нагрузки	Kд	Деталь
A3.5	Режим работы передач	PP	Деталь
A3.6	Коэффициент долговечности	Kp	Сборочная единица
A3.7	Общий корректирующий коэффициент	phi	Сборочная единица
A3.8	Коэффициент, характеризующий число смен работы	phic	Деталь

A3.9	Коэффициент, характеризующий применение натяжного или направляющего ролика	$\phi_{hp}$	Деталь
A3.10	Коэффициент, характеризующий снижение прочностных характеристик зубчатого ремня с повышением температуры нагрева резины	$\phi_{ht}$	Сборочная единица
A3.11	Тип машины	type	Деталь
A3.12	Отклонение	delta	Сборочная единица
A4.1	Число знакопостоянных циклов	$N_{ц}$	Сборочная единица
A5.1	Число зубьев ремня, находящихся в зацеплении с меньшим шкивом	$z_0$	Сборочная единица
A5.2	Ширина ремня	b	Деталь
A5.3	Число зубьев меньшего шкива	$z_1$	Деталь
A5.4	Угол обхвата на меньшем шкиве	$\alpha_1$	Сборочная единица
A5.5	Модуль ремня	m	Деталь
A5.6	Расстояние между осями шкивов	a	Деталь
A5.7	Длина участка сдвига зуба ремня	S1	Сборочная единица
A5.8	Наименьшая толщина зуба	S	Деталь
A5.9	Высота зуба	h	Деталь
A5.10	Угол профиля зуба	$2\gamma$	Деталь
A5.11	Число зубьев ремня	$z_p$	Деталь
A6.1	Частота вращения меньшего шкива	$n_1$	Деталь
A6.2	Общее время работы передачи	tч	Деталь
A6.3	Частота вращения шкива в минуту в режиме i (пер. работа)	$n_i$	Деталь
A6.4	Общее время работы передачи в режиме i	tчi	Деталь
A9.1	Напряжение сдвига ремня	$\sigma_{сд}$	Сборочная единица
A9.2	Нагрузка на передачу в режиме i (пер. работа)	$F_i$	Деталь
A9.3	Максимально длительно действующая нагрузка	$F_l$	Деталь
A9.4	Число смен работы	чсмен	Деталь
A9.5	Число роликов	чрол	Деталь
A9.6	Допускаемое напряжение для зубьев ремня на сдвиг с учетом режима работы	$\sigma_{сд.p.}$	Сборочная единица
A9.7	Допускаемое напряжение на сдвиг	$\sigma_{сд}$	Сборочная единица
A9.8	Предел прочности резины на отрыв от основания	$\sigma'_{в}$	Деталь

## 1.2. Описание функциональной структуры

Функциональная структура представлена в виде структурной диаграммы (декомпозиция: рис. 1.1 – 1.16), спецификации **A** (таблица 3), спецификации **B** (таблица 4).

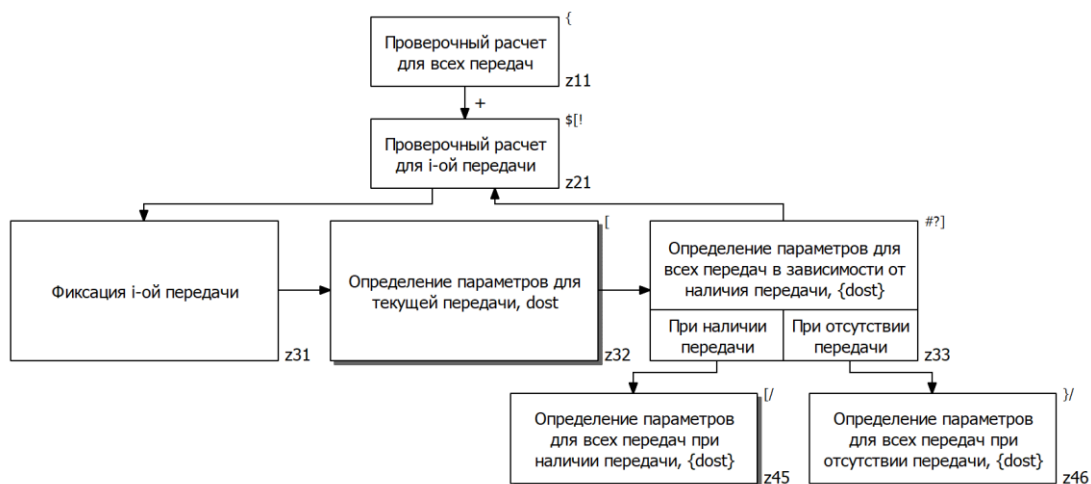


Рис. 1.1 Проверочный расчет для всех передач

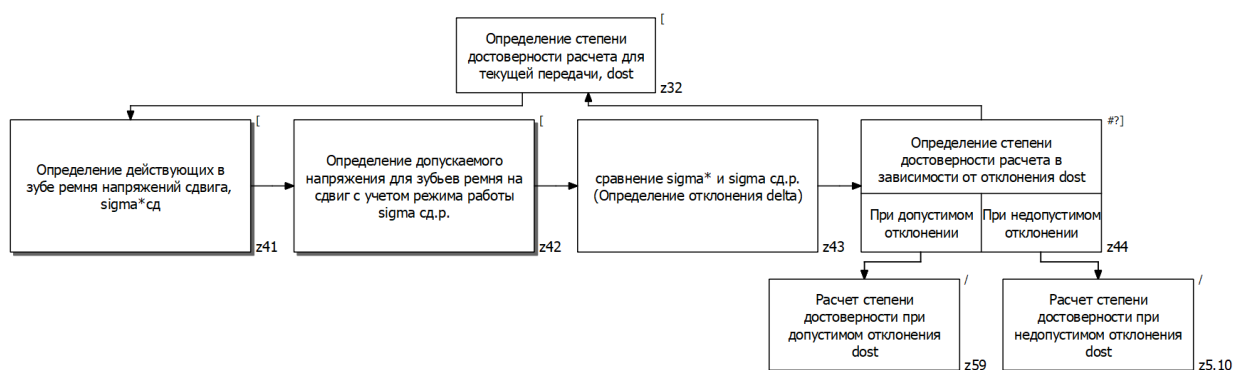


Рис. 1.2 Определение степени достоверности расчета для текущей передачи,  $d_{ost}$

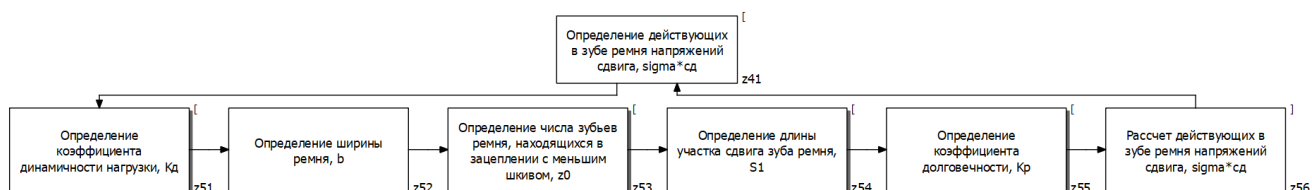


Рис. 1.3 Определение действующих в зубе ремня напряжений сдвига,  $\sigma^*_{cd}$

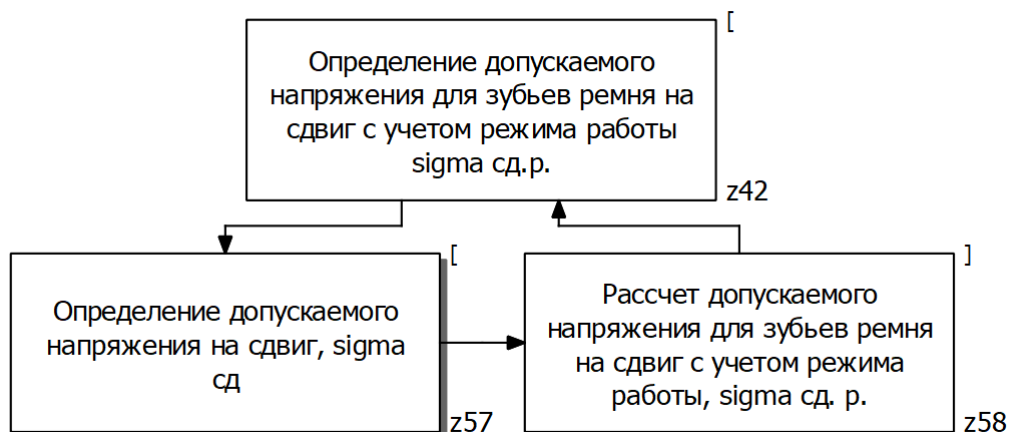


Рис. 1.4 Определение допустимого напряжения для зубьев ремня на сдвиг с учетом режима работы,  $\sigma_{cd.p}$ .

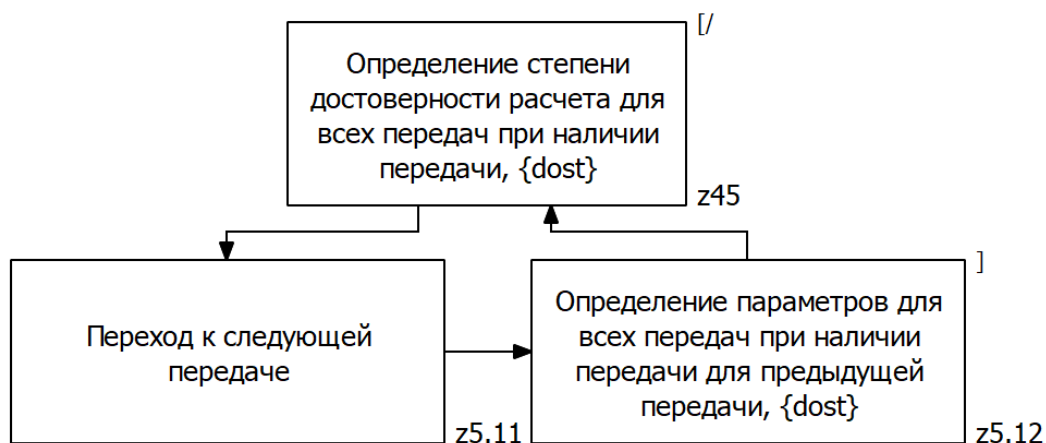


Рис. 1.5 Опредедение параметров для всех передач при наличии передачи,  $\{dost\}$

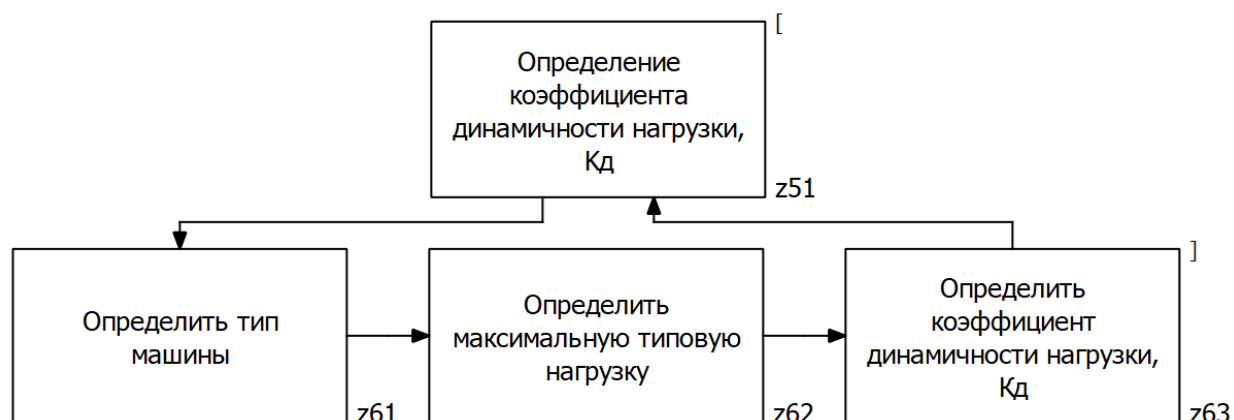


Рис. 1.6 Определение коэффициента динамичности нагрузки,  $K_d$



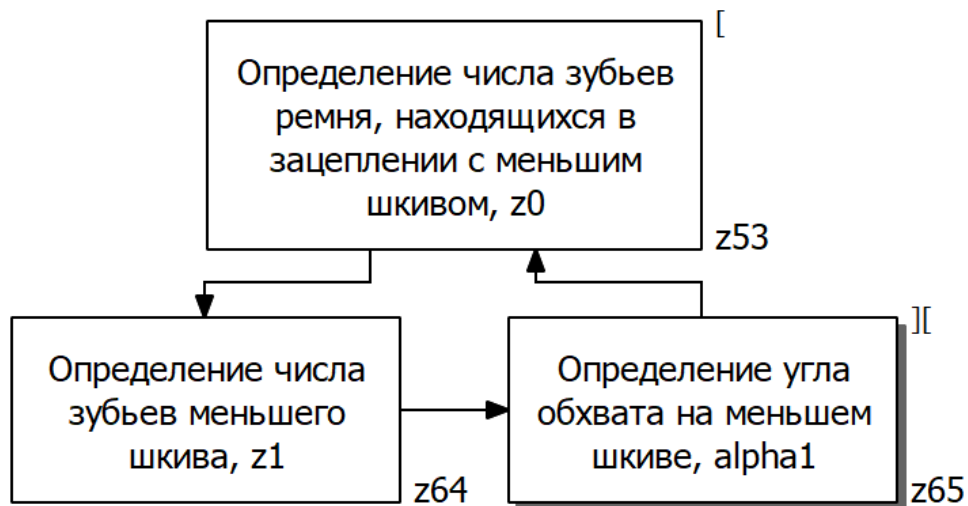


Рис. 1.7 Определение числа зубьев ремня, находящихся в зацеплении с меньшим шкивом,  $z_0$

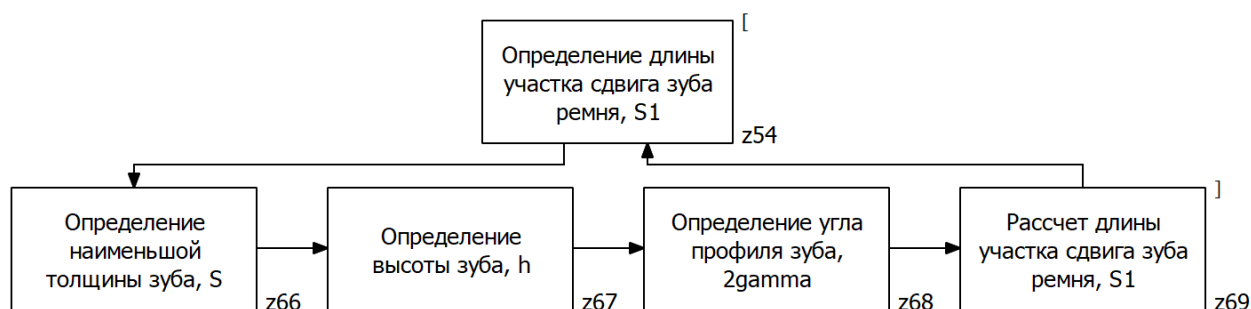


Рис. 1.8 Определение длины участка сдвига зуба ремня,  $S_1$

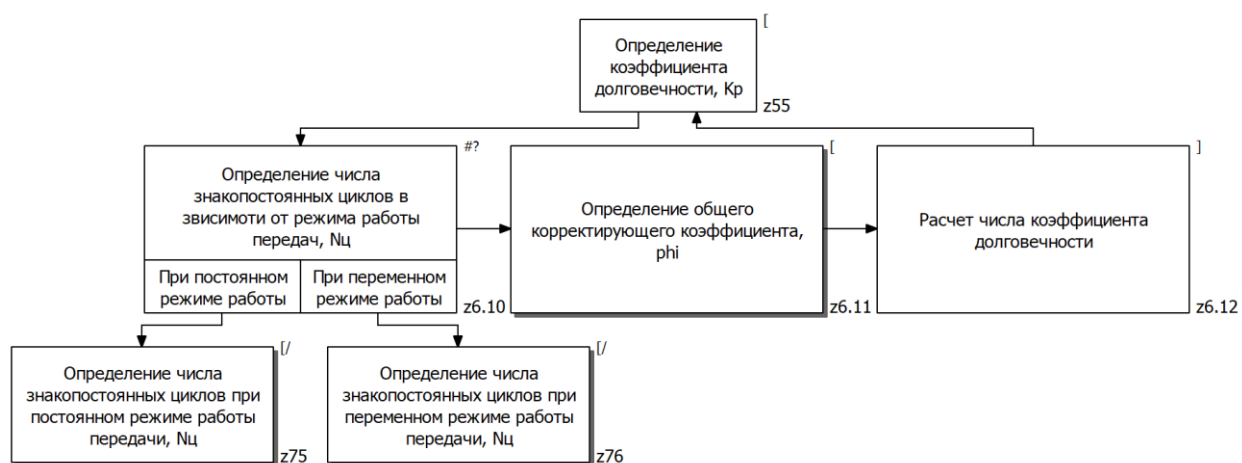


Рис. 1.9 Определение коэффициента долговечности,  $K_p$

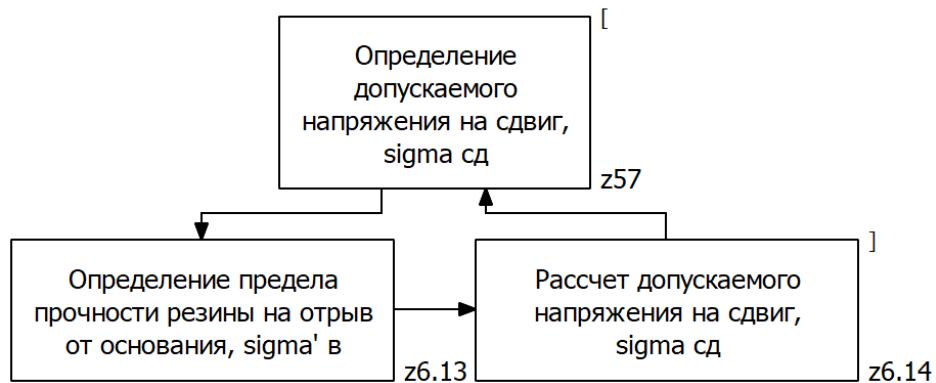


Рис. 1.10 Определение допустимого напряжения на сдвиг,  $\sigma_{cd}$

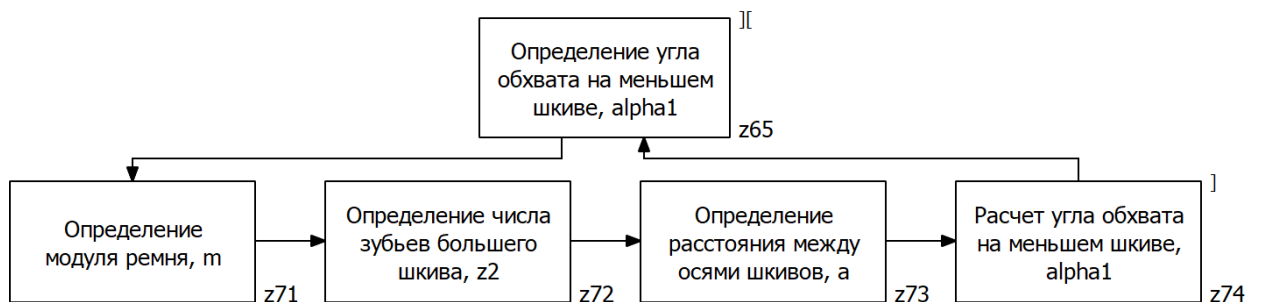


Рис. 1.11 Определение угла обхвата на меньшем шкиве,  $\alpha_1$

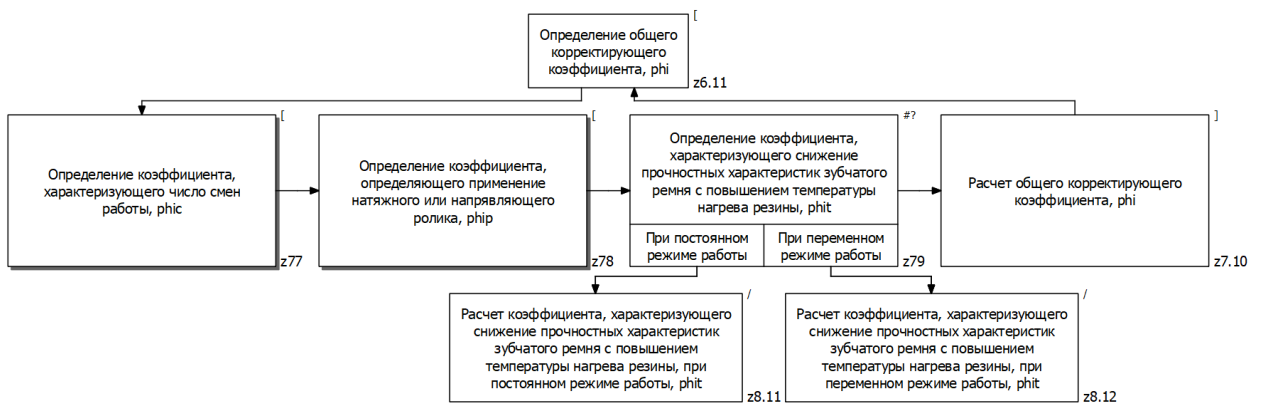


Рис. 1.12 Определение общего корректирующего коэффициента,  $\phi$

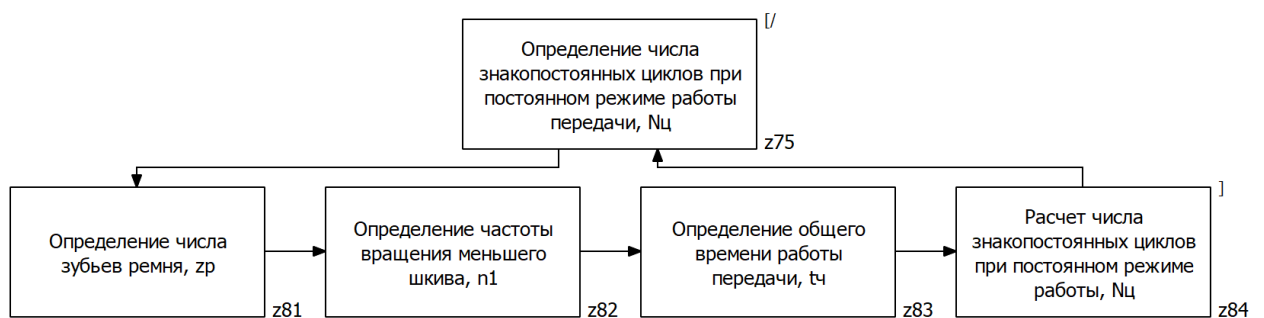


Рис. 1.13 Определение числа знакопостоянных циклов при постоянном режиме работы передачи,  $N_c$

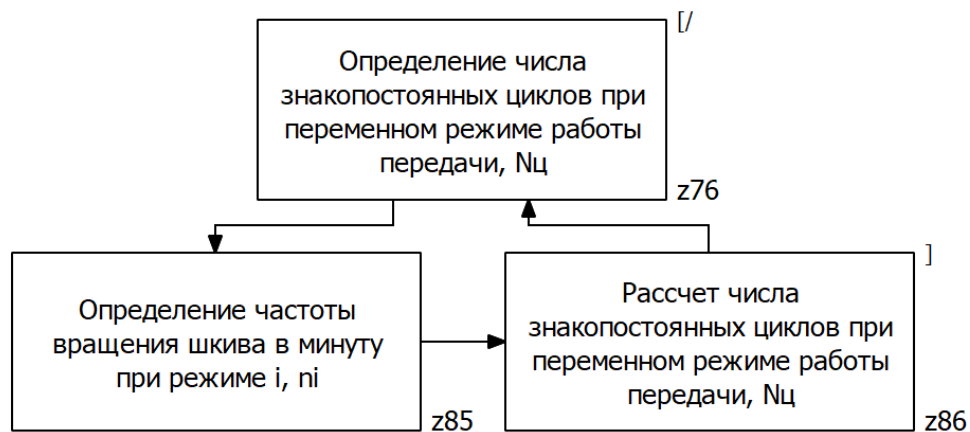


Рис. 1.14 Определение числа знакопостоянных циклов при переменном режиме работы передачи,  $N_{\text{ц}}$

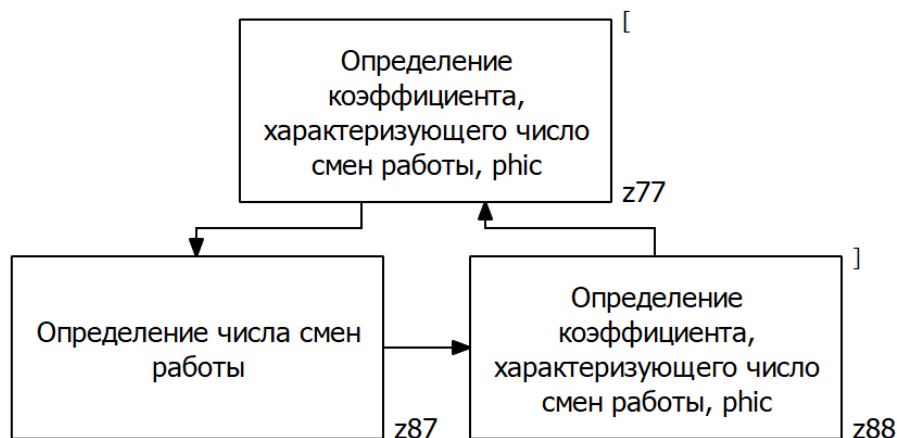


Рис. 1.15 Определение коэффициента, характеризующего число смен работы,  $phic$

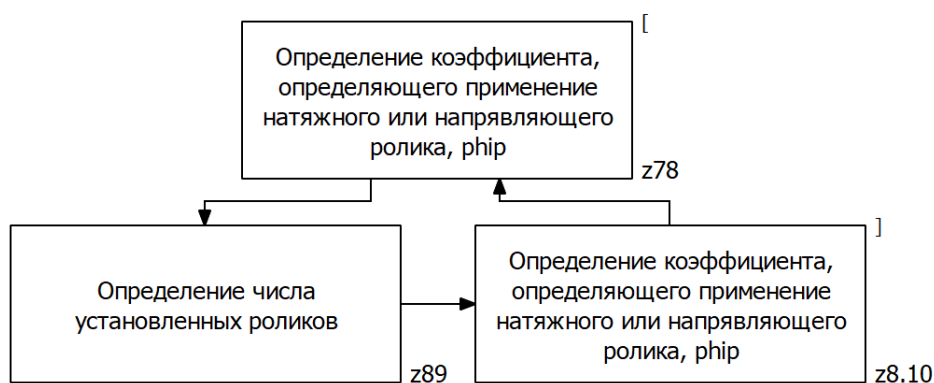


Рис. 1.16 Определение коэффициента, определяющего применение натяжного или направляющего ролика,  $phip$

Спецификация А. Описание структуры предметных действий задачи

Таблица 3

Код ПД1	Код ПД2	Код ПД3	Вид компоновки
z11	z21	-	Цикл
z21	z31	z32	Последовательность
z21	z32	z33	Последовательность
z32	z41	z42	Последовательность
z32	z42	z43	Последовательность
z32	z43	z44	Последовательность
z33	z45	-	Альтернатива
z33	z46	-	Альтернатива
z41	z51	z52	Последовательность
z41	z52	z53	Последовательность
z41	z53	z54	Последовательность
z41	z54	z55	Последовательность
z41	z55	z56	Последовательность
z42	z57	z58	Последовательность
z44	z59	-	Альтернатива
z44	z5.10	-	Альтернатива
z45	z5.11	z5.12	Последовательность
z51	z61	z62	Последовательность
z51	z62	z63	Последовательность
z53	z64	z65	Последовательность
z53	z65	z66	Последовательность
z54	z67	z68	Последовательность
z54	z68	z69	Последовательность
z54	z69	z6.10	Последовательность
z55	z6.11	z6.12	Последовательность
z55	z6.12	z6.13	Последовательность
z57	z6.14	z6.15	Последовательность
z65	z71	z72	Последовательность
z65	z72	z73	Последовательность
z65	z73	z74	Последовательность
z6.11	z75	-	Альтернатива
z6.11	z76	-	Альтернатива
z6.12	z77	z78	Последовательность
z6.12	z78	z79	Последовательность
z6.12	z79	z7.10	Последовательность
z75	z81	z82	Последовательность
z75	z82	z83	Последовательность
z75	z83	z84	Последовательность
z76	z85	z86	Последовательность
z76	z86	z87	Последовательность
z76	z87	z88	Последовательность
z76	z88	z89	Последовательность
z77	z8.10	z8.11	Последовательность
z78	z8.12	z8.13	Последовательность

z79	z8.14	-	Альтернатива
z79	z8.15	-	Альтернатива

## Спецификация В. Описание параметров предметной задачи

**Таблица 4**

Код	Наименование	Статус	Степень формализации
z11	Проверочный расчет для всех плоскоременных передач	П	Ан.
z21	Проверочный расчет для i-ой плоскоременной передачи	П	Ал.
z31	Фиксация i-ой передачи	Э	Ан.
z32	Определение параметров для текущей передачи, $d_{ost}$	П	Ал.
z33	Определение параметров для всех плоскоременных передач в зависимости от наличия передачи, $\{d_{ost}\}$	П	Ан.
z41	Определение действующих в зубе ремня напряжений сдвига, $\sigma_{\sigma}^* \sigma_{сд}$	П	Ал.
z42	Определение допускаемого напряжения для зубьев ремня на сдвиг с учетом режима работы $\sigma_{сд.р.}$	П	Ал.
z43	сравнение $\sigma_{сд.р.}$ и $\sigma_{сд.п.}$ (Определение отклонения $\delta$ )	Э	Ан.
z44	Определение степени достоверности расчета в зависимости от отклонения $d_{ost}$	П	Ан.
z45	Определение параметров для всех плоскоременных передач при наличии передачи, $\{d_{ost}\}$	П	Ал.
z46	Определение параметров для всех плоскоременных передач при отсутствии передачи, $\{d_{ost}\}$	Э	Ан.
z51	Определение коэффициента динамичности нагрузки, $K_d$	П	Ал.
z52	Определение ширины ремня, $b$	Э	Э
z53	Определение числа зубьев ремня, находящихся в зацеплении с меньшим шкивом, $z_0$	П	Ал.
z54	Определение длины участка сдвига зуба ремня, $S_1$	П	Ал.
z55	Определение коэффициента долговечности, $K_p$	П	Ал.
z56	Расчет действующих в зубе ремня напряжений сдвига, $\sigma_{сд.р.}$	Э	Ан.
z57	Определение допускаемого напряжения на сдвиг, $\sigma_{сд.п.}$	П	Ал.
z58	Расчет допускаемого напряжения для зубьев ремня на сдвиг с учетом режима работы, $\sigma_{сд.р.}$	Э	Ан.
z59	Расчет степени достоверности при допустимом отклонении $d_{ost}$	Э	Ан.
z5.10	Расчет степени достоверности при недопустимом отклонении $d_{ost}$	Э	Ан.
z5.11	Переход к следующей передаче	Э	Ан.
z5.12	Определение параметров для всех плоскоременных передач при наличии передачи для предыдущей передачи, $\{d_{ost}\}$	Э	Ан.
z61	Определить тип машины	Э	С
z62	Определить максимальную типовую нагрузку	Э	С

z63	Определить коэффициент динамичности нагрузки, Кд	Э	С
z64	Определение числа зубьев меньшего шкива, $z_1$	Э	С
z65	Определение угла обхвата на меньшем шкиве, $\alpha_1$	П	Ал.
z66	Расчет числа зубьев ремня, находящихся в зацеплении с меньшим шкивом, $z_0$	Э	Ан.
z67	Определение наименьшей толщины зуба, S	Э	С
z68	Определение высоты зуба, h	Э	С
z69	Определение угла профиля зуба, $2\gamma$	Э	С
z6.10	Расчет длины участка сдвига зуба ремня, $S_1$	Э	Ан.
z6.11	Определение числа знакопостоянных циклов в зависимости от режима работы передач, Nц	П	Ан.
z6.12	Определение общего корректирующего коэффициента, $\phi_i$	П	Ал.
z6.13	Расчет числа коэффициента долговечности	Э	Ан.
z6.14	Определение предела прочности резины на отрыв от основания, $\sigma'$ в	Э	С
z6.15	Расчет допускаемого напряжения на сдвиг, $\sigma_{сд}$	Э	Ан.
z71	Определение модуля ремня, m	Э	С
z72	Определение числа зубьев большего шкива, $z_2$	Э	Э
z73	Определение расстояния между осями шкивов, a	Э	Э
z74	Расчет угла обхвата на меньшем шкиве, $\alpha_1$	Э	Ан.
z75	Определение числа знакопостоянных циклов при постоянном режиме работы передачи, Nц	П	Ал.
z76	Определение числа знакопостоянных циклов при переменном режиме работы передачи, Nц	П	Ал.
z77	Определение коэффициента, характеризующего число смен работы, $\phi_{ic}$	П	Ал.
z78	Определение коэффициента, определяющего применение натяжного или направляющего ролика, $\phi_{ip}$	П	Ал.
z79	Определение коэффициента, характеризующего снижение прочностных характеристик зубчатого ремня с повышением температуры нагрева резины, $\phi_{it}$	П	Ан.
z7.10	Расчет общего корректирующего коэффициента, $\phi_i$	Э	Ан.
z81	Определение числа зубьев ремня, $z_p$	Э	Э
z82	Определение частоты вращения меньшего шкива, $n_1$	Э	С
z83	Определение общего времени работы передачи, $t_{ч}$	Э	Э
z84	Расчет числа знакопостоянных циклов при постоянном режиме работы, Nц	Э	Ан.
z85	Определение нагрузки на передачу при режиме i, $F_i$	Э	Э
z86	Определение времени работы передачи при режиме i, $t_{ci}$	Э	Э
z87	Определение максимально длительно действующей нагрузки	Э	Э
z88	Определение частоты вращения шкива в минуту при режиме i, $n_i$	Э	Э
z89	Расчет числа знакопостоянных циклов при переменном режиме работы передачи, Nц	Э	Ан.
z8.10	Определение числа смен работы	Э	Э



## Спецификация D. Описание элементарных действий задачи

**Таблица 5**

Код ПД	Наименование	Форм.	Функция	Аргументы	Примечание
z31	Фиксация i-ой передачи	ан	Количество передач, i	-/Код узла, KUZ -/Код сборочной единицы, KSE -/Код детали, KD -/Наименование узла, NUZ -/Наименование сборочной единицы, NSE -/Наименование детали, ND -/Количество передач, i	Текущему значению счётчика цикла ставится в соответствии текущий номер сборочной единицы
z43	сравнение $\sigma^*$ и $\sigma$ сд.р.(Определение отклонения delta)	ан	Отклонение, delta	-Напряжение сдвига ремня, $\sigma^*_{сд}$ -Допускаемое напряжение для зубьев ремня на сдвиг с учетом режима работы, $\sigma_{сд.р.}$ -/Количество передач, i -/Наименование детали, ND -/Тип детали, TD -/Код детали, KD	$\text{delta} = \sigma^*_{сд} - \sigma_{сд.р.}$
z46	Определение степени достоверности расчёта для всех плоскоремennых передач при отсутствии передачи, {dost}	ан	Степень достоверности и расчета, {dost}	-Количество передач, i -/Количество передач, i -/Тип сборочной единицы, TSE -/Вид сборочной единицы, VSE -/Наименование сборочной единицы, NSE	Элементу массива присваивается степень достоверности
z52	Определение ширины ремня, b	эм	Ширина ремня, b	-Количество передач, i -/Наименование детали, ND -/Тип детали, TD -/Код детали, KD	Определяется специалистом
z56	Расчет действующих в зубе ремня напряжений сдвига, $\sigma^*_{сд}$	ан	Напряжение сдвига ремня, $\sigma^*_{сд}$	-Коэффициент динамичности нагрузки, Кд -Коэффициент долговечности, Кр -Число зубьев ремня, находящихся в зацеплении с меньшим шкивом, z0 -Ширина ремня, b -Длина участка сдвига зуба ремня, S1 -/Количество передач, i -/Тип сборочной единицы, TSE -/Вид сборочной единицы, VSE	$\sigma^*_{сд} = (F \cdot K_d) / (z_0 \cdot S_1 \cdot b^{2,65})$



				-/Наименование сборочной единицы, NSE	
z58	Расчет допускаемого напряжения для зубьев ремня на сдвиг с учетом режима работы, $\sigma_{сд.р.}$	ан	Допускаемое напряжение для зубьев ремня на сдвиг с учетом режима работы, $\sigma_{сд.р.}$	-Коэффициент долговечности, $K_p$ -Допускаемое напряжение на сдвиг, $\sigma_{сд}$ -/Количество передач, $i$ -/Тип сборочной единицы, TSE -/Вид сборочной единицы, VSE -/Наименование сборочной единицы, NSE	$\sigma_{сд.р} = \sigma_{сд} / K_p$
z59	Расчет степени достоверности при допустимом отклонения $d_{ост}$	ан	Степень достоверности и расчета, $d_{ост}$	-/Отклонение, $\delta$ -/Количество передач, $i$ -/Тип сборочной единицы, TSE -/Вид сборочной единицы, VSE -/Наименование сборочной единицы, NSE	$d_{ост} = 1$
z5.10	Расчет степени достоверности при недопустимом отклонения $d_{ост}$	ан	Степень достоверности и расчета, $d_{ост}$	-/Отклонение, $\delta$ -/Количество передач, $i$ -/Тип сборочной единицы, TSE -/Вид сборочной единицы, VSE -/Наименование сборочной единицы, NSE	$d_{ост} = 0$
z5.11	Переход к следующей передаче	ан	Количество передач, $i$	-/Количество передач, $i$ -/Тип сборочной единицы, TSE -/Вид сборочной единицы, VSE -/Наименование сборочной единицы, NSE	$i = i + 1$
z5.12	Определение степени достоверности расчета для всех плоскоремennых передач при наличии передачи для предыдущей передачи, { $d_{ост}$ }	ан	Степень достоверности и расчета, { $d_{ост}$ }	-Количество передач, $i$ -/Количество передач, $i$ -/Тип сборочной единицы, TSE -/Вид сборочной единицы, VSE -/Наименование сборочной единицы, NSE	Элементу массива присваивается степень достоверности
z61	Определить тип машины	ст	Тип машины, type	-/Количество передач, $i$	Определяется по таблице (3.6)
z62	Определить максимальную типовую нагрузку	ст		-/Количество передач, $i$ -/Наименование детали, ND -/Тип детали, TD -/Код детали, KD	Определяется по таблице (3.6)

z63	Определить коэффициент динамичности нагрузки, Кд	ст	Коэффициент динамичности и нагрузки, Кд	-Тип машины, type -/Количество передач, i -/Наименование детали, ND -/Тип детали, TD -/Код детали, KD	Определяется по таблице (3.6)
z64	Определение числа зубьев меньшего шкива, z1	ст	Число зубьев меньшего шкива, z1	-/Количество передач, i -/Наименование детали, ND -/Тип детали, TD -/Код детали, KD	Определяется по таблице (3.3)
z66	Расчет числа зубьев ремня, находящихся в зацеплении с меньшим шкивом, z0	ан	Число зубьев ремня, находящихся в зацеплении с меньшим шкивом, z0	-Число зубьев меньшего шкива, z1 -Угол обхвата на меньшем шкиве, alpha1 -/Количество передач, i -/Наименование детали, ND -/Тип детали, TD -/Код детали, KD	$z0 = (z1 * \alpha1) / 360^\circ$
z67	Определение наименьшей толщины зуба, S	ст	Наименьшая толщина зуба, S	-/Количество передач, i -/Наименование детали, ND -/Тип детали, TD -/Код детали, KD	Определяется по таблице (3.1)
z68	Определение высоты зуба, h	ст	Высота зуба, h	-/Количество передач, i -/Наименование детали, ND -/Тип детали, TD -/Код детали, KD	Определяется по таблице (3.1)
z69	Определение угла профиля зуба, 2gamma	ст	Угол профиля зуба, 2gamma	-/Количество передач, i -/Наименование детали, ND -/Тип детали, TD -/Код детали, KD	Определяется по таблице (3.1)
z6.10	Расчет длины участка сдвига зуба ремня, S1	ан	Длина участка сдвига зуба ремня, S1	-Наименьшая толщина зуба, S -Высота зуба, h -Угол профиля зуба, 2gamma -/Количество передач, i -/Наименование детали, ND -/Тип детали, TD -/Код детали, KD	$S1 = 0,5(S + 2h * \operatorname{tg}(\gamma))$
z6.13	Расчет числа коэффициента долговечности, Kd	ан		-Общий корректирующий коэффициент, phi -Число знакопостоянных циклов, Nц -/Количество передач, i -/Наименование детали, ND -/Тип детали, TD -/Код детали, KD	$Kd = \phi * \sqrt[6]{N_{ц}}$
z6.14	Определение предела прочности резины на отрыв от основания, sigma' в	ст	Предел прочности резины на отрыв от основания, sigma' в	-/Количество передач, i -/Наименование детали, ND -/Тип детали, TD -/Код детали, KD	Определяется по таблице 3.5

z6.15	Расчет допускаемого напряжения на сдвиг, $\sigma_{сд}$	ан	Допускаемое напряжение на сдвиг, $\sigma_{сд}$	-Предел прочности резины на отрыв от основания, $\sigma'$ в -/Количество передач, $i$ -/Наименование детали, ND -/Тип детали, TD -/Код детали, KD	$\sigma_{сд} = 0,8 \cdot \sigma'$ в
z71	Определение модуля ремня, $m$	ст	Модуль ремня, $m$	-/Количество передач, $i$ -/Наименование детали, ND -/Тип детали, TD -/Код детали, KD	Определяется по таблице (3.3)
z72	Определение числа зубьев большего шкива, $z_2$	эм		-/Количество передач, $i$ -/Наименование детали, ND -/Тип детали, TD -/Код детали, KD	Определяется специалистом
z73	Определение расстояния между осями шкивов, $a$	эм	Расстояние между осями шкивов, $a$	-/Количество передач, $i$ -/Наименование детали, ND -/Тип детали, TD -/Код детали, KD	Определяется специалистом
z74	Расчет угла обхвата на меньшем шкиве, $\alpha_1$	ан	Угол обхвата на меньшем шкиве, $\alpha_1$	-Число зубьев меньшего шкива, $z_1$ -Модуль ремня, $m$ -Расстояние между осями шкивов, $a$ -/Количество передач, $i$ -/Наименование детали, ND -/Тип детали, TD -/Код детали, KD	$\alpha_1 = 180^\circ - [m(z_2 - z_1)/a]57,3^\circ$
z7.10	Расчет общего корректирующего коэффициента, $\phi_i$	ан	Общий корректирующий коэффициент, $\phi_i$	-Коэффициент, характеризующий число смен работы, $\phi_{ic}$ -Коэффициент, характеризующий применение натяжного или направляющего ролика, $\phi_{ip}$ -Коэффициент, характеризующий снижение прочностных характеристик зубчатого ремня с повышением температуры нагрева резины, $\phi_{it}$ -/Количество передач, $i$ -/Наименование детали, ND -/Тип детали, TD -/Код детали, KD	$\phi_i = \phi_{it} \cdot \phi_{ip} \cdot \phi_{ic}$
z81	Определение числа зубьев ремня, $z_p$	эм	Число зубьев ремня, $z_p$	-/Режим работы передач, PP -/Количество передач, $i$ -/Наименование детали, ND -/Тип детали, TD -/Код детали, KD	Определяется специалистом
z82	Определение частоты вращения	ст	Частота вращения	-/Режим работы передач, PP -/Количество передач, $i$	Определяется по таблице (3.3)

	меньшего шкива, n1		меньшего шкива, n1	-/Наименование детали, ND -/Тип детали, TD -/Код детали, KD	
z83	Определение общего времени работы передачи, tч	эм	Общее время работы передачи, tч	-/Режим работы передач, PP -/Количество передач, i -/Наименование детали, ND -/Тип детали, TD -/Код детали, KD	Определяется специалистом
z84	Расчет числа знакопостоянных циклов при постоянном режиме работы, Nц	ан	Число знакопостоянных циклов, Nц	-Число зубьев меньшего шкива, z1 -Число зубьев ремня, zp -Частота вращения меньшего шкива, n1 -Общее время работы передачи, tч -/Режим работы передач, PP -/Количество передач, i -/Тип сборочной единицы, TSE -/Вид сборочной единицы, VSE -/Наименование сборочной единицы, NSE	$N_{ц} = 60(z_1/z_p)t_{ч} \cdot n_1$
z85	Определение нагрузки на передачу при режиме i, Fi	эм	Нагрузка на передачу в режиме i (пер. работа), Fi	-/Режим работы передач, PP -/Количество передач, i -/Наименование детали, ND -/Тип детали, TD -/Код детали, KD	Определяется специалистом
z86	Определение времени работы передачи при режиме i, tчi	эм	Общее время работы передачи в режиме i, tчi	-/Режим работы передач, PP -/Количество передач, i -/Тип сборочной единицы, TSE -/Вид сборочной единицы, VSE -/Наименование сборочной единицы, NSE	Определяется специалистом
z87	Определение максимально длительно действующей нагрузки	эм	Максимально длительно действующая нагрузка, F1	-/Режим работы передач, PP -/Тип сборочной единицы, TSE -/Вид сборочной единицы, VSE -/Наименование сборочной единицы, NSE /Количество передач, i	Определяется специалистом
z88	Определение частоты вращения шкива в минуту при режиме i, ni	эм	Частота вращения шкива в минуту в режиме i (пер. работа), ni	-/Режим работы передач, PP -/Количество передач, i -/Тип сборочной единицы, TSE -/Вид сборочной единицы, VSE	Определяется специалистом

				-/Наименование сборочной единицы, NSE	
z89	Расчет числа знакопостоянных циклов при переменном режиме работы передачи, Nц	ан	Число знакопостоянных циклов, Nц	-Число зубьев меньшего шкива, z1 -Число зубьев ремня, zp -Частота вращения шкива в минуту в режиме i (пер. работа), pi -Общее время работы передачи в режиме i, tci -Нагрузка на передачу в режиме i (пер. работа), Fi -Максимально длительно действующая нагрузка, F1 -/Режим работы передач, PP -/Количество передач, i -/Наименование детали, ND -/Тип детали, TD -/Код детали, KD	$N_{ц} = 60(z_1/z_p) * \sum(t_{ci} * n_i (F_i/F_1)^6)$
z8.10	Определение числа смен работы	эм	Число смен работы, чсмен	-/Количество передач, i -/Тип сборочной единицы, TSE -/Вид сборочной единицы, VSE -/Наименование сборочной единицы, NSE -/Код сборочной единицы, KSE	Определяется специалистом
z8.11	Определение коэффициента, характеризующего число смен работы, phic	эм	Коэффициент, характеризующий число смен работы, phic	-/Количество передач, i -/Тип сборочной единицы, TSE -/Вид сборочной единицы, VSE -/Наименование сборочной единицы, NSE -/Код сборочной единицы, KSE	Определяется на основе числа смен работы
z8.12	Определение числа установленных роликов	эм	Число роликов, чрол	-/Количество передач, i -/Тип сборочной единицы, TSE -/Вид сборочной единицы, VSE -/Наименование сборочной единицы, NSE -/Код сборочной единицы, KSE	Определяется специалистом
z8.13	Определение коэффициента, определяющего применение натяжного или	эм	Коэффициент, характеризующий применение	-/Количество передач, i -/Тип сборочной единицы, TSE -/Вид сборочной единицы, VSE	Определяется на основе числа установленных роликов

	направляющего ролика, $\rho_{hp}$		натяжного или направляющего ролика, $\rho_{hp}$	-/Наименование сборочной единицы, NSE -/Код сборочной единицы, KSE	
z8.14	Расчет коэффициента, характеризующего снижение прочностных характеристик зубчатого ремня с повышением температуры нагрева резины, при постоянном режиме работы, $\rho_{hit}$	ан	Коэффициент, характеризующий снижение прочностных характеристик к зубчатого ремня с повышением температуры нагрева резины, $\rho_{hit}$	-Частота вращения меньшего шкива, $n_1$ -/Режим работы передач, PP -/Количество передач, $i$ -/Тип сборочной единицы, TSE -/Вид сборочной единицы, VSE -/Наименование сборочной единицы, NSE -/Код сборочной единицы, KSE	$\rho_{hit} = \sqrt[6]{(n_1/10^3)} \geq 1$
z8.15	Расчет коэффициента, характеризующего снижение прочностных характеристик зубчатого ремня с повышением температуры нагрева резины, при переменном режиме работы, $\rho_{hit}$	ан	Коэффициент, характеризующий снижение прочностных характеристик к зубчатого ремня с повышением температуры нагрева резины, $\rho_{hit}$	-Общее время работы передачи, $t_{\Sigma}$ -Частота вращения шкива в минуту в режиме $i$ (пер. работа), $n_i$ -Общее время работы передачи в режиме $i$ , $t_{\Sigma i}$ -/Режим работы передач, PP -/Количество передач, $i$ -/Тип сборочной единицы, TSE -/Вид сборочной единицы, VSE -/Наименование сборочной единицы, NSE -/Код сборочной единицы, KSE	$\rho_{hit} = (1/t_{\Sigma}) * \sum(t_{\Sigma i} * \sqrt[6]{(n_i/10^3)}) \geq 1$

## Спецификация D2. Описание структурных свойств действий задачи.

Таблица 6

Код ПД	Код парам.	Роль парам.
z31	A3.1	Функция
z31	A1.1	Аргумент по умолчанию
z31	A2.1	Аргумент по умолчанию
z31	A2.2	Аргумент по умолчанию
z31	A2.3	Аргумент по умолчанию
z31	A3.1	Аргумент по умолчанию

z61	A3.11	Функция
z61	A3.1	Аргумент по умолчанию
z62	A3.1	Аргумент по умолчанию
z63	A3.4	Функция
z63	A3.11	Аргумент
z63	A3.1	Аргумент по умолчанию
z52	A5.2	Функция
z52	A3.1	Аргумент по умолчанию
z64	A5.3	Функция
z64	A3.1	Аргумент по умолчанию
z71	A5.5	Функция
z71	A3.1	Аргумент по умолчанию
z72	A3.1	Аргумент по умолчанию
z73	A5.6	Функция
z73	A3.1	Аргумент по умолчанию
z74	A5.4	Функция
z74	A5.3	Аргумент
z74	A5.5	Аргумент
z74	A5.6	Аргумент
z74	A3.1	Аргумент по умолчанию
z66	A5.8	Функция
z66	A3.1	Аргумент по умолчанию
z67	A5.9	Функция
z67	A3.1	Аргумент по умолчанию
z68	A5.10	Функция
z68	A3.1	Аргумент по умолчанию
z69	A5.7	Функция
z69	A5.8	Аргумент
z69	A5.9	Аргумент
z69	A5.10	Аргумент
z69	A3.1	Аргумент по умолчанию
z81	A5.11	Функция
z81	A3.1	Аргумент по умолчанию
z81	A3.5	Аргумент по умолчанию
z82	A6.1	Функция
z82	A3.1	Аргумент по умолчанию
z82	A3.5	Аргумент по умолчанию
z83	A6.2	Функция
z83	A3.1	Аргумент по умолчанию
z83	A3.5	Аргумент по умолчанию
z84	A4.1	Функция
z84	A5.3	Аргумент
z84	A5.11	Аргумент

z84	A6.1	Аргумент
z84	A6.2	Аргумент
z84	A3.1	Аргумент по умолчанию
z84	A3.5	Аргумент по умолчанию
z85	A6.3	Функция
z85	A3.1	Аргумент по умолчанию
z85	A3.5	Аргумент по умолчанию
z86	A4.1	Функция
z86	A5.3	Аргумент
z86	A5.11	Аргумент
z86	A6.3	Аргумент
z86	A6.4	Аргумент
z86	A9.2	Аргумент
z86	A9.3	Аргумент
z86	A3.1	Аргумент по умолчанию
z86	A3.5	Аргумент по умолчанию
z87	A9.4	Функция
z87	A3.1	Аргумент по умолчанию
z88	A3.8	Функция
z88	A3.1	Аргумент по умолчанию
z89	A9.5	Функция
z89	A3.1	Аргумент по умолчанию
z8.10	A3.9	Функция
z8.10	A3.1	Аргумент по умолчанию
z8.11	A3.10	Функция
z8.11	A6.1	Аргумент
z8.11	A3.1	Аргумент по умолчанию
z8.11	A3.5	Аргумент по умолчанию
z8.12	A3.10	Функция
z8.12	A6.2	Аргумент
z8.12	A6.3	Аргумент
z8.12	A6.4	Аргумент
z8.12	A3.1	Аргумент по умолчанию
z8.12	A3.5	Аргумент по умолчанию
z7.10	A3.7	Функция
z7.10	A3.8	Аргумент
z7.10	A3.9	Аргумент
z7.10	A3.10	Аргумент
z7.10	A3.1	Аргумент по умолчанию
z6.12	A3.7	Аргумент
z6.12	A4.1	Аргумент
z6.12	A3.1	Аргумент по умолчанию
z56	A9.1	Функция



z56	A3.4	Аргумент
z56	A3.6	Аргумент
z56	A5.1	Аргумент
z56	A5.2	Аргумент
z56	A5.7	Аргумент
z56	A3.1	Аргумент по умолчанию
z6.13	A9.8	Функция
z6.13	A3.1	Аргумент по умолчанию
z6.14	A9.7	Функция
z6.14	A9.8	Аргумент
z6.14	A3.1	Аргумент по умолчанию
z58	A9.6	Функция
z58	A3.6	Аргумент
z58	A9.7	Аргумент
z58	A3.1	Аргумент по умолчанию
z43	A3.12	Функция
z43	A9.1	Аргумент
z43	A9.6	Аргумент
z43	A3.1	Аргумент по умолчанию
z59	A3.2	Функция
z59	A3.1	Аргумент по умолчанию
z59	A3.12	Аргумент по умолчанию
z5.10	A3.2	Функция
z5.10	A3.1	Аргумент по умолчанию
z5.10	A3.12	Аргумент по умолчанию
z5.11	A3.1	Функция
z5.11	A3.1	Аргумент по умолчанию
z5.12	A3.3	Функция
z5.12	A3.1	Аргумент
z5.12	A3.1	Аргумент по умолчанию
z46	A3.3	Функция
z46	A3.1	Аргумент
z46	A3.1	Аргумент по умолчанию

## 2. Описание выбранной программно-технической среды

Программа «Проверочный расчет для передач зубчатым ремнем на прочность зубьев ремня» написана на языке **C#[1]**. Язык программирования **C#** предназначен для разработки различных приложений, работающих в среде .NET Framework. Этот объектно-ориентированный и типобезопасный

язык программирования обеспечивает высокую производительность, гибкость и простоту работы с различными технологиями. Данная программа реализована в интегрированной среде разработки Microsoft Visual Studio — это продукт компании Microsoft. Данный продукт позволяют разрабатывать как консольные приложения, так и приложения с графическим интерфейсом, в том числе с поддержкой технологии Windows Forms.

**Windows Forms** [3] — это программный интерфейс для разработки приложений, отвечающий за создание графического пользовательского интерфейса (GUI) и являющийся частью Microsoft .NET Framework. Он упрощает работу с элементами интерфейса Microsoft Windows, предоставляя обертку для существующего Win32 API в управляемом коде. Управляемый код представляет собой набор классов, реализующих функционал Windows Forms, и может использоваться независимо от выбранного языка программирования, что очень удобно.

Для организации базы данных был выбран SQL Server, поскольку он сочетает в себе надежность, производительность и широкий набор инструментов для работы с данными. Одной из причин выбора является интеграция с SQL Server Management Studio (SSMS), которая предоставляет удобный графический интерфейс для проектирования, администрирования и анализа реляционных моделей данных.

**SQL Server**[2] -/Тип сборочной единицы, TSE

-/Вид сборочной единицы, VSE

-/Наименование сборочной единицы, NSE

-/Код сборочной единицы, KSE — это реляционная система управления базами данных (СУБД), разработанная корпорацией Microsoft. Она предназначена для хранения, обработки и управления данными, предоставляя мощные инструменты для работы с большими объемами информации. SQL Server обеспечивает поддержку транзакций, высокую производительность запросов, надежность, безопасность данных и интеграцию с различными сервисами Microsoft. Одной из ключевых возможностей является использование языка структурированных запросов (SQL) для взаимодействия с базой данных.

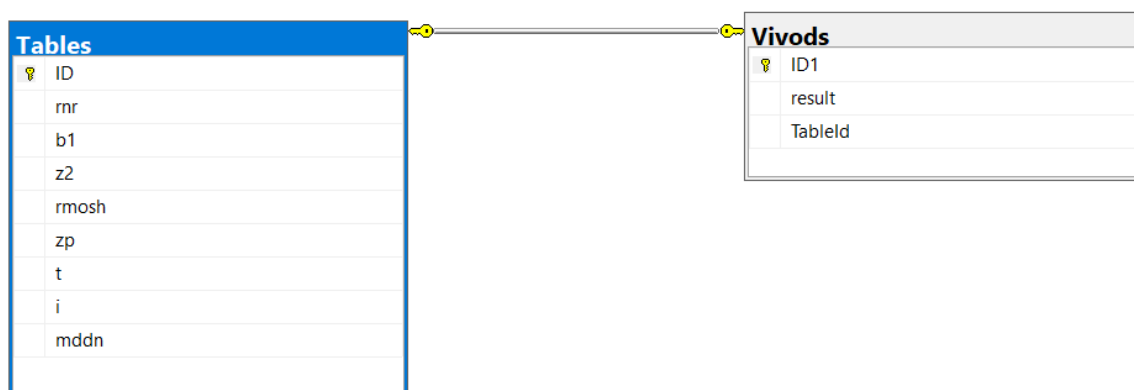
**SQL Server Management Studio (SSMS)**— это интегрированная среда управления для SQL Server. SSMS предоставляет графический интерфейс для создания, настройки и администрирования баз данных, позволяя разработчикам и администраторам работать с реляционной моделью данных. С помощью SSMS можно визуализировать структуру данных, писать

и выполнять SQL-запросы, анализировать производительность запросов, а также управлять правами доступа и резервным копированием.

Использование SQL Server в сочетании с SSMS позволяет эффективно разрабатывать и поддерживать реляционные базы данных, обеспечивая структурированное представление данных и доступ к инструментам для управления ими.

### 3. Описание модели данных

Представлена связь таблиц в СУБД (рис. 2)



*Рис.2 Описанная модель данных*

### 4. Реализация автоматизированной процедуры

Для реализации автоматизированной структуры была выполнена нормализация таблиц с данными (таб. 8.1 – 8.3) и представлено описание таблиц постоянной информации.

#### Описание таблиц постоянной информации (нормализованные отношения)

ТАБЛИЦА 8.1

Тип машины или оборудование	Максимальная пиковая нагрузка % от номинальной	Значение Кд
Деревообрабатываемое оборудование	<150	1,1
Деревообрабатываемое оборудование	<250	1,2
Деревообрабатываемое оборудование	<400	-
Токарные станки и оборудование для типографии	<150	1,2
Токарные станки и оборудование для типографии	<250	1,4
Токарные станки и оборудование для типографии	<400	1,6
Сверильные, расточные, шлифовальные, фрезерные, поперечно-строгательные и долбежные станки	<150	1,3
Сверильные, расточные, шлифовальные, фрезерные, поперечно-строгательные и долбежные станки	<250	1,5
Сверильные, расточные, шлифовальные, фрезерные, поперечно-строгательные и долбежные станки	<400	1,7
Конвейеры ленточные	<150	1,4
Конвейеры ленточные	<250	1,5
Конвейеры ленточные	<400	1,6
Вентиляторы, подъемники и текстильные оборудование	<150	1,4
Вентиляторы, подъемники и текстильные оборудование	<250	1,6
Вентиляторы, подъемники и текстильные оборудование	<400	1,8
Пластинчатый, ковшовый и элеваторный конвейеры	<150	1,5
Пластинчатый, ковшовый и элеваторный конвейеры	<250	1,6
Пластинчатый, ковшовый и элеваторный конвейеры	<400	1,7
Скребковый и шнековый конвейеры	<150	1,5
Скребковый и шнековый конвейеры	<250	1,7
Скребковый и шнековый конвейеры	<400	1,8

ТАБЛИЦА 8.2

Модуль ремня $m$ , мм	Число зубьев меньшего шкива $z_1$ , не менее
2	12
2	14
2	16
2	18
3	12
3	14
3	16
3	18
4	12
4	14
4	16
4	18
4	14
4	16
4	18
4	20
5	16
5	18
5	20
5	22
7	20
7	22
7	24
7	26
10	20
10	22
10	24
10	26
10	28

ТАБЛИЦА 8.3

Модуль ремня $m$ , мм	2	3	4	5	6	7
Наименьшая толщина зуба $S$ , мм, $S = m$	2	3	4	5	7	10
Наименьшая толщина зуба $h$ , мм, $h = 0,6 m$	1,2	1,8	2,4	3	4,2	6
Угол профиля зуба $2\gamma$	50	50	50	50	50	50

Ссылка на Github:

[https://github.com/Dalfe59/Base\\_Data\\_Kurovaya](https://github.com/Dalfe59/Base_Data_Kurovaya)

## **Заключение**

В ходе выполнения данной работы была разработана и представлена автоматизированная процедура проверочного расчета для передач зубчатым ремнем на прочность зубьев ремня. Процесс решения задачи охватывал этапы анализа предметной области, построения информационной и функциональной структур, выбора программно-технической среды, а также реализации модели данных.

Таким образом, разработанная модель предназначена для автоматизации проектирования деталей машин.

## Список литературы

1. Жуков К.П., Кузнецова А.К., Масленникова С.И. и др. Расчет и проектирование деталей машин: Учебное пособие для ВУЗов. — Москва: Издательство «Машиностроение», 2021.
2. Сайты, использованные для справки по программной реализации:
  - 1) Microsoft Learn. Создание оконных приложений на C#. Доступно по ссылке: <https://learn.microsoft.com>.
  - 2) Публикации SQLServerCentral. Практика работы с SSMS и SQL Server. Доступно по ссылке: <https://www.sqlservercentral.com>.
  - 3) Уокер Р. C# Programming. Полное руководство. Вильямс, 2022.