

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский-технический университет
имени К.И.Сатпаева

Институт промышленной автоматизации и цифровизации им. А. Буркитбаева

Кафедра «Индустриальная инженерия»

Выполнил: Нурсеит Нурислам Жангалиевич

“Технологический процесс механической обработки большого шкива в среде
CAD/CAM. Годовая программа выпуска 2000 штук.”

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

Специальность 5В071200 – Машиностроение

Алматы 2020

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И. Сатпаева

Институт промышленной автоматизации и цифровизации им. А. Буркитбаева

Кафедра «Индустриальная инженерия»

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ

Зав. кафедрой «Индустриальная
инженерия»

Доктор PhD.

_____ Арымбеков Б.С.

« ____ » _____ 2020 г.

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

На тему: «Технологический процесс механической обработки большого шкива
в среде CAD/CAM. Годовая программа выпуска 2000 штук»

по специальности 5В71200 – Машиностроение

Выполнил

Нурсеит Нурислам Жангалиевич

Рецензент

Научный руководитель

Профессор

_____ Ф.И.О.

_____ Аскарлов Е.С.

« ____ » _____ 2020 г.

« ____ » _____ 2020 г.

Алматы 2020

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет имени
К.И. Сатпаева

Институт промышленной автоматизации и цифровизации им. А. Буркитбаева

Кафедра «Индустриальная инженерия»

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ

Зав. кафедрой «Индустриальная
инженерия»

Доктор PhD.

_____ Арымбеков Б.С.
« ____ » _____ 2020 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломной работы

Обучающемуся *Нурсеит Нурисламу Жангалиевичу*

Тема: *«Технологический процесс механической обработки большого шкива в среде CAD/CAM. Годовая программа выпуска 2000 штук»*

Утверждена приказом Ректора Университета №762-б от «27» января 2020 г.

Срок сдачи законченной работы « ____ » _____ 2020 г.

Исходные данные к дипломной работе:

1. Размеры готовой детали
2. Марка стали обрабатываемой заготовки

Краткое содержание дипломной работы:

- а) общие сведения о детали
- б) графические материалы
- в) расчет нормирования и 3D моделирование обработки в программах СПРУТ-ТП и SprutCAM.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей): *эскизы обработки и чертеж большого шкива.*

Рекомендуемая основная литература:

1. Технология машиностроения. Учеб. пособие/ Е.С. Аскарлов - Алматы 2015г.
2. Справочник нормировщика. Под ред. А.В. Ахумова. Машиностроение. 1987г.

3. Основы проектирования машиностроительных заводов (цехи механосборочного производства). Мамаев В.С., Осипов Е.Г. Москва, "Машиностроение", 1974г.

ГРАФИК

Подготовки дипломной работы (проекта)

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
Введение Общие сведения о шкивах		
Проектирование и расчет большого шкива		
Нормирование операций обработки шкива и его 3D моделирование в SprutCAM		

Подписи

Консультантов и нормоконтролера на законченную дипломную работу (проект) с указанием относящихся к ним разделов работы(проекта)

Наименование разделов	Консультанты, И.О.Ф. (уч.степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Основная часть	Аскаров Е.С., профессор		
Нормоконтролер	Аскаров Е.С., профессор		

Научный руководитель _____ Аскаров Е.С.

Задание принял к исполнению обучающийся _____ Нурсеит Н.Ж.

Дата «__» _____ 2020г.

АННОТАЦИЯ

В данном дипломном проекте рассмотрено полное инициирование изготовления большого шкива, механической обработки детали и выпуска изделия. На основе полученных данных будет выполнена задача определения подходящего материала, типа производства и его серийность. Также в ходе работы будет разработан маршрут обработки детали, технология производства, разработаны схемы обработки, подобраны станки и приспособления. Будет произведено аналитическое и цифровое нормирование операций обработки детали.

ANNOTATION

This graduation project discusses the full started production of a large pulley, machining of parts and manufacturing of products was reviewed. Based on the data obtained, the task of determining the appropriate material, type of production and its seriality will be solved. There will also be developed schemes for processing parts, production technology, selected machines and accessories. Analytical and digital rationing of part processing operations will be carried out.

АҢДАТУ

Бұл дипломдық жобада үлкен тегер өндірісін, бөлшектердін өңдеуін және өнім шығаруды толықтай инициированиесын қарастырады. Табылған мәліметтер негізінде өндіріс жасаудың түрін және оның сериясын анықтау тапсырмасы жасалды. Сонымен қатар өндіріс технологиясы жасалды, өңдеуге қатысты сызбалар жасалды, өңдеу маршруты жасалды, білдектер мен өндірістік жабдықтар таңдалды. Сондай-ақ аналитикалық және сандық нормалау жүргізілді.

СОДЕРЖАНИЕ

	Введение	9
1	Технологическая часть	10
1.1	Анализ эксплуатации детали в современном машиностроении	10
1.2	Служебное назначение и технологический анализ	10
1.3	Обзор технических и эксплуатационных требований детали	11
1.4	Определение типа производства	12
1.5	Выбор материала детали	13
1.6	Выбор заготовки	13
1.7	Разработка маршрута обработки шкива	15
1.8	Расчет припусков на обработку	18
1.9	Расчет режимов резания	20
1.10	Нормирование операций обработки	22
2	Проектирование технологического процесса в системах CAD / CAM	25
2.1	3D моделирование шкива	25
2.2	Генерация управляющей программы для ЧПУ в SprutCAM	27
	Заключение	31
	Список литературы	32
	Приложения	33

ВВЕДЕНИЕ

Машиностроение, вносящее огромный вклад в развитие научно-технического прогресса, является одной из важнейших отраслей промышленности.

Необходимым условием для ускорения развития научно-технического процесса являются повышение производительности труда, рост эффективности производства и качества продукции. Прогрессирование технологических методов изготовления машин имеет первостепенное значение.

Сегодня, как показала мировая практика, область применения продукции машиностроения огромна. Сельскохозяйственные машины, космические корабли, морские суда и поезда - все это и многое другое создается с помощью большого количества разнообразных станков. Рост промышленности и сельского хозяйства, а также темпы увеличения их технологического арсенала в значительной степени зависят от уровня развития машиностроения.

Машиностроение является одним из приоритетнейших составляющих промышленности любого государства, так как является наукоемким, технологически насыщенным видом производства, способствующим насыщению экономики государства машинами, механизмами и устройствами. Они в свою очередь повышают эффективность труда, качество разрабатываемой и производимой продукции, а также к уменьшению трудозатрат и расширению области применения.

Машиностроение - это непростая отрасль промышленности. Оно требует привлечения больших объемов финансовых ресурсов, в них входит материальное обеспечение, профессиональные работники и время. Машиностроение является одним из показателей, показывающих уровень развития, уровень образованности и интеллектуальных возможностей населения. Поэтому с уверенностью можно заявить, что только развитые государства имеют передовое машиностроение.

1 Технологическая часть

1.1 Анализ эксплуатации детали в современном машиностроении

В современном машиностроении деталь “шкив” является одной из основных составляющих для клиноременных и ременных передач, которые в свою очередь активно используются в станках и ДВС.

Основными преимуществами такого вида передач является:

- плавность и бесшумность,
- экономичность,
- вариативность шкивов,
- возможность работы при высоких оборотах.

Напротив, имеются также существенные недостатки:

- большие габариты самой передачи,
- потребность в дополнительных натяжных устройствах,
- большие нагрузки на валы и шкивы из-за натяжения ремня.

Шкив представляет собой фрикционное колесо, имеющее по внешнему контуру ободок, канавку или зубцы. Центральная часть шкива называется ступицей, а внешняя часть - ободом. Шкивы применяют в промышленном, нефтегазовом, горнодобывающем, деревообрабатывающем и сельскохозяйственном оборудовании в механизмах с высоким уровнем передаваемой мощности и числа оборотов.

Существуют шкивы видов:

- клиновые шкивы,
- зубчатые шкивы,
- поликлиновые шкивы,
- вариаторные шкивы,
- шкивы под плоские ремни,
- шкивы под круглые ремни. [1]

1.2 Служебное назначение и технологический анализ

Шкив представляет собой фрикционное колесо, имеющее по внешнему контуру ободок, канавку или зубцы. Центральная часть шкива называется ступицей, а внешняя часть - ободом. Шкивы применяют в промышленном, нефтегазовом, горнодобывающем, деревообрабатывающем и сельскохозяйственном оборудовании в механизмах с высоким уровнем передаваемой мощности и числа оборотов. Служебное назначение детали “шкив” состоит в использовании как составной части ременных и клиноременных передач.

Конструкции шкивов отличаются огромным разнообразием. Рабочие шкивы, передающие вращающий момент, закрепляются на валах посредством штифтовых, зубчатых, шпоночных и других видов соединений. Холостые шкивы, не передающие вращающий момент, свободно вращаются на валах и осях. Шкивы малых диаметров изготавливаются монолитными, в то время как шкивы средних и больших диаметров имеют ступицу или обод, связанные

диском или спицами. Изготавливают шкивы чаще всего из чугуна, сталей легкого сплава, пластмассы, а также иногда из дерева.

Шкив используемый с плоскими ремнями имеет цилиндрическую или выпуклую рабочую поверхность для исключения вероятности сбегания ремня. Шкив под клиновые и поликлиновые ремни имеют канавки с трапецеидальным профилем. Шкив под ремень круглого сечения снабжают канавкой со скругленным дном. Шкив зубчато-ременных передач обладает зубьями, идущими в осевом направлении, и реборды. Ступенчатые шкивы используют в передачах с регулированием передаточного отношения посредством перевода ремня с одной ступени на другую. Раздвижные конические шкивы в бесступенчатых передачах с широким клиновым ремнем исполняют с одним или обоими подпружиненными передвижными конусами, а также с вынужденным перемещением одного или обоих конусов. [1]

1.3 Обзор технических и эксплуатационных требований детали

Шкивы используются в различных отраслях тяжелой и легкой промышленности. Шкивы производят литыми из чугуна, легких сплавов, сварными из стали, а также из пластмасс. Чугунные литые шкивы из-за риска разрыва от воздействия центробежных сил практикуют при определенной окружной скорости до 30 м/с. При гораздо высокой скорости шкивы обязаны быть стальными. Для сокращения инерционных нагрузок, особенно в передачах с высокими скоростями, применяют шкивы, изготовленные из легких сплавов.

В быстроходных передачах, а также когда оси валов, на которых расположены шкивы, могут содержать большие отклонения от параллельности, наружная поверхность обода одного из двух шкивов необходимо будет выполнять сферической или с двумя конусами. При этом ремень лучше устанавливается на шкивах и не сбегает с них во время использования передачи.

При установке шкива применяются различные типы соединений. При требовании высокой точности, применяют шлицевые соединения. При подобном виде соединения шкивы центрируются лучше, нежели на шпонках, возрастает прочность и менее изнашивается место посадки. Также при эксплуатации призматической шпонки отклонение оси ступицы шкива не столь большое и такие соединения оказываются в большей степени точными.

Для посадки шкива на вал используют винтовые устройства, к примеру стяжные скобы. Разъемный хомут натягивают на вал и упирают в его буртик. После чего между спицами шкива пропускают тяги, а к торцу ступицы шкива прокладывают планку, в которую упирается винт. Поворачивая винт и немного ударяя через подкладку в различных местах по внешней поверхности ступицы, понемногу надвигают шкив на вал. Удары ликвидируют заедание шкива на валу по причине возможных перекосов. Разъемные шкивы можно размещать в любом месте по всей длине вала. Сборка шкива состоит в соединении шпильками двух его частей. Контроль правильности посадки шкивов на вал сводится к проверке на биение.

Биение шкивов приводит к быстрому износу подшипников, в то время как в точных быстроходных передачах металлорежущих станков, биение способствует росту вибраций, повышающих шероховатость поверхности обрабатываемых деталей. Источниками причин биения шкивов являются: деформация вала, неверная механическая обработка шкивов и неверная посадка шкивов на вал при сборке. [5]

1.4 Определение типа производства.

Технология производства детали в значительной части зависит от выбранного типа производства. Приступая к разработке технологического процесса изготовления заданной детали, необходимо предварительно установить, к какому типу производства будет относиться производство данной детали, учитывая ее размеры и объем годового выпуска.

Серийное производство - это вид организации производства, характеризующийся синхронным изготовлением на предприятии большой номенклатуры однородной продукции, производство которой повторяется в течении длительного времени. Производство продукции выпускается применительно к изделиям сериями, а в отношении к деталям - партиями. Производство серий изделий единого типоразмера как правило повторяется через регулярные промежутки времени. При повторных запусках серий машин зачастую вносятся поправки в конструкторскую и технологическую организацию производства, подготовку рабочих мест, растет квалификация рабочих. Серийное производство предоставляет возможность унифицировать конструкции деталей, изделий, достигая типизации технологических процессов и оборудования.

Серийное производство адаптировано к изменяющимся требованиям рынка сбыта продукции, своевременно реагирует на поправки требований покупателей, может удовлетворять потребности различных категорий покупателей, всегда повышает конкурентоспособность изготавливаемой продукции.

В зависимости от объема серии различают крупносерийное, среднесерийное и мелкосерийное производства. Тип производства характеризуется тактом выпуска и коэффициентом серийности. Величина такта выпуска рассчитывается по формуле: []

$$K_{сер} = \frac{t_B}{T_{шт}}, \text{ где } T_{шт} = 4,2 \text{ мин.} \quad (1.1)$$

$$t_B = \frac{Fd * 60}{N}, \quad (1.2)$$

где $Fd=2030$ (действие годового фонда работы станка в год), $N=2000$ (годовая производственная программа выпуска изделий)

$$t_B = \frac{Fd * 60}{N} = \frac{2030 * 60}{2000} = 60,9$$

$$K_{сер} = \frac{t_B}{T_{шт}} = \frac{60,9}{4,2} = 14,5 - \text{среднесерийное производство.}$$

1.5 Выбор материала детали

Шкивы изготовляют из чугуна, стали, алюминия, легких сплавов, пластмасс, в редких случаях – из дерева. Для неподвижного оборудования в ременных передачах для шкивов продолжается эксплуатация классических дешевых материалов — серого СЧ и ковкого КЧ чугунов. Основная масса деталей, как правило, тут не имеет значения, так как массивные шкивы дают возможность отказаться в механизме от маховика. Заменителем могут быть стальные штампованные шкивы. Для механизмов с непостоянной частотой вращения, для транспортных машин, в которых важно снижение массы и момента инерции применяют шкивы из алюминиевых сплавов. В заключении, шкивы высоко ответственных установках могут изготавливаться из магния или титана. В последние годы широко вводятся шкивы из пластмасс с возможностью рециклинга, в частности в бытовой технике.

Шкив, в конструкции ременной и других передач, не подвергается сильным нагрузкам и для заданной детали подберем материалы Ст3сп и Ст5сп. Оба материала являются углеродистыми сталями обыкновенного качества, где цифра 3 и 5 - указывается условный номер марки стали, сп - степень раскисления стали (спокойная). Углеродистая сталь обыкновенного качества Ст3сп является дешевым и удобным вариантом для изготовления заданной детали. Химический состав обыкновенной углеродистой стали Ст3сп приведен в таблице 1. [1]

Таблица 1. Химический состав в % материала Ст3сп ГОСТ-380.

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	N	Cu	As
0.14-0.22	0.15-0.3	0.4-0.65	до 0.3	до 0.05	до 0.04	До 0.3	до 0.008	до 0.3	до 0.08

1.6 Выбор заготовки

На выбор метода получения заготовки влияют такие факторы как:

- материал заготовки;
- назначение и технические требования на изготовление детали;
- форма поверхностей и размеры детали;
- объем и серийность выпуска детали;

При выборе заготовки главным является достижение заданного качества готовой детали при ее минимальной себестоимости.

При выборе технологических методов получения заготовки важно учитывать прогрессивное развитие технологий машиностроения. Для того чтобы уменьшить затраты на механическую обработку и снизить расход материалов целесообразнее всего будет подбор формообразования деталей перенести на заготовительную часть. [2]

Данную деталь “шків” уместно будет изготовить литьем. Сущность литейного производства состоит в получении отливок путем наполнения жидким металлом заранее подготовленных форм, где металл затвердевает. Литые детали обширно используются в станках, аппаратах и механизмах, составляя от 40 до 80% их веса. С помощью отливки могут изготавливаться детали, различные по форме и размерам; для деталей сложного вида отливка является единственным методом производства и не может быть замещена иным технологическим процессом. В череде случаев стоимость отливок гораздо меньше стоимости деталей, изготовленных иным способом. Литые заготовки в последующем подвергаются механической обработке. Именно с целью сокращения обработки резанием применяется литейное производство, задачей которого является получение отливок максимально приближенных по форме и размерам к детали.

Выбираем для сравнения два метода получения заготовки. I – литье в песчано-глинистые формы $K_{BT}=0,7$; II – литье в кокиль $K_{BT}=0,8$.

I. Определяем массу заготовки [2]:

$$G_{заг} = \frac{G_d}{K_{BT}}, \quad (1.3)$$

где $G_{заг}$ - масса заготовки; G_d - масса детали; K_{BT} - коэффициент.

$$G_{заг} = \frac{13,3}{0,7} = 19 \text{ кг.}$$

II. Определяем массу заготовки [2]:

$$G_{заг} = \frac{G_d}{K_{BT}},$$

$$G_{заг} = \frac{13,3}{0,8} = 16,6 \text{ кг.}$$

I. Расчет стоимости литья в песчано-глинистые формы определяется по формуле [2]:

$$S_{пок} = \left(\frac{C_i}{1000} \cdot Q \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \right) - (Q - q) \cdot \frac{S_{отх}}{1000}, \quad (1.4)$$

где: C_i - базовая стоимость штамповки (160000 тг. за тонну);

Q - масса заготовки;

$k_1 = 1,05$ - коэффициент, связанный с точностью отливки (2 класс точности);

$k_2 = 1,04$ - коэффициент, связанный с маркой материала отливки (Ст3сп);

$k_3 = 0,93$ -коэффициент сложности отливки (2 группа сложности);

$k_4 = 1$ -коэффициент, связанный с массой заготовки;

$k_5 = 1$ -коэффициент, связанный с серийностью производства.

$$S_{пок} = \left(\frac{160000}{1000} * 19 * 1,05 * 1,04 * 0,93 * 1 * 1 \right) - (19 - 13,3) * \frac{16000}{1000} = 2996 \text{ тг.}$$

II. Расчет стоимости литья в кокиль определяется по формуле [2]:

$$S_{\text{пок}} = \left(\frac{C_i}{1000} \cdot Q \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \right) - (Q - q) \cdot \frac{S_{\text{отх}}}{1000},$$

где: C_i - базовая стоимость штамповки (160000 тг. за тонну);

Q - масса заготовки;

$k_1 = 1,03$ - коэффициент, связанный с точностью отливки (2 класс точности);

$k_2 = 1,22$ - коэффициент, связанный с маркой материала отливки (Ст3сп);

$k_3 = 0,83$ -коэффициент сложности отливки (2 группа сложности);

$k_4 = 0,74$ -коэффициент, связанный с массой заготовки;

$k_5 = 0,9$ -коэффициент, связанный с серийностью производства.

$$S_{\text{пок}} = \left(\frac{160000}{1000} * 16,6 * 1,03 * 1,22 * 0,83 * 0,74 * 0,9 \right) - (16,6 - 13,3) * \frac{16000}{1000} = 1792 \text{ тг.}$$

Дешевле всего заготовка, полученная II способом литьем в кокиль. Следовательно, лучше принять II способ производства заготовок.

1.7 Разработка маршрута обработки шкива

Технологический маршрут обработки заданной поверхности, отталкиваясь от выбора заготовки, назначает технологом или по справочнику машиностроителя [3].

Технологический процесс изготовления шкива:

01 Заготовительная

Литье в металлические формы - в кокиль [3].

05 Токарная

Проточить канавку на торце с размером 25 мм глубиной 25.

Точить в 9 проходов.

Переустановить заготовку.

Проточить канавку на торце с размером 25 мм глубиной 25.

Точить в 9 проходов.

Снять фаску в отверстиях 1x45.

Оборудование: токарно- винторезный станок модели 16К40.

Режущий инструмент: токарный резец ВК8.

Инструменты для замеров: штангенциркуль ШЦИ - II [3].

010 Токарная

Установить заготовку.

Точить заготовку в диаметр 300 мм.

Точить 4 канавки под ремень.

Оборудование: токарно- винторезный станок модели 16Д25.

015 Сверлильная

Сверлить отверстие Ø 38 (квалитет 12)

Расточить отверстие до $\varnothing 39,14$ (черновая, квалитет 11)
 Расточить до $\varnothing 39,7$ (получистовая, квалитет 9)
 Расточить отверстие до $\varnothing 40H7$ (тонкое, квалитет 7).
 Режущий инструмент: токарно-винторезный станок модели 16K40
 Инструменты для замеров: калибр пробка $\varnothing 40$
 020 Сверлильная
 Сверлить два отверстия $\varnothing 50$ на $l=40$ мм.
 Зенкеровать два отверстия $\varnothing 47$ до $\varnothing 49,8$.
 Развернуть два отверстия $\varnothing 49,8$ до $\varnothing 50H9$.
 Переустановить заготовку.
 Сверлить два отверстия $\varnothing 50$ на $l=40$ мм.
 Зенкеровать два отверстия $\varnothing 47$ до $\varnothing 49,8$.
 Развернуть два отверстия $\varnothing 49,8$ до $\varnothing 50H9$.
 Оборудование: Токарно-револьверный 1Г340.
 Режущий инструмент: сверло $\varnothing 50$.
 Инструменты для замеров: штангенциркуль ШЦИ - II [3].
 025 Шлифовальная
 Установить деталь.
 Шлифовать отверстие $d=40$ мм.
 Инструмент для обработки: шлифовальный круг.
 Инструменты для замеров: Калибр-пробка $\varnothing 40$.
 030 Протяжная
 Протянуть шпоночный паз 14Js9 мм.
 Оборудование: протяжный станок.
 Режущий инструмент: Протяжка P18.
 Инструменты для замеров: штангенциркуль - I [3].
 035 Контрольная
 Контролировать размеры.
 Инструменты для замеров:
 - Штангенциркуль I
 - Штангенциркуль II
 - Калибр-пробка $\varnothing 40$.

Маршрут технологии обработки и исходные данные для технологического процесса механической обработки шкива приведены в таблице 2.

Таблица 2

№ операции	Наименование операций	Оборудование
01	Заготовительная Литье в металлические формы - в кокиль.	

05	Токарная Проточить канавку на торце с размером 25 мм глубиной 25. Точить в 9 проходов. Переустановить заготовку. Проточить канавку на торце с размером 25 мм глубиной 25. Точить в 9 проходов. Снять фаску в отверстии 1x45.	Токарно - винторезный станок модели 16К40. Установка в трехкулачковом самоцентрирующемся патроне.
010	Токарная Установить заготовку. Точить заготовку в диаметр 300 мм. Точить 4 канавки под ремень.	Токарно- винторезный станок модели 16Д25. Установка в трехкулачковом самоцентрирующемся патроне с конусной оправкой.
015	Сверлильная Сверлить отверстие Ø 38 (квалитет 12) Расточить отверстие до Ø 39,14 (черновая, квалитет 11) Расточить до Ø 39,7 (получистовая, квалитет 9) Расточить отверстие до Ø 40Н7 (тонкое, квалитет 7).	Токарно - винторезный станок модели 16К40. Установка в трехкулачковом самоцентрирующемся патроне.
020	Сверлильная Сверлить два отверстия Ø 50 на l= 40 мм. Зенкеровать два отверстия Ø 47 до Ø 49,8. Развернуть два отверстия Ø 49,8 до Ø 50Н9. Переустановить заготовку. Сверлить два отверстия Ø 50 на l= 40 мм. Зенкеровать два отверстия Ø 47 до Ø 49,8. Развернуть два отверстия Ø 49,8 до Ø 50Н9.	Токарно-револьверный 1Г340. Установка в тисках.
025	Шлифовальная Установить деталь. Шлифовать отверстие d=40 мм.	Внутришлифовальный станок.
030	Протяжная Протянуть шпоночный паз 18Js9 мм.	Протяжный станок.
035	Контрольная Контролировать размеры.	

1.8 Расчет припусков на обработку

Припуском является слой материала, снимаемый в процессе механической обработки заготовки для получения необходимой точности и качества обрабатываемой поверхности. Существуют припуски промежуточные и общие. Промежуточный припуск - это слой металла, что должен быть срезан во время заданной операции или заданного перехода. Промежуточный припуск устанавливают, как разность размеров заготовки, полученных на выполненном и предшествующем переходах. Для обозначения припусков применяются следующие индексы: $i = 1$ - индекс для предыдущего перехода; i - индекс для исполненного перехода. При этом промежуточные припуски для наружных и внутренних поверхностей вращения считаются по следующим формулам [3]:

$$2Z_i = d_{i-1} - d_i; 2Z_i = d_i - d_{i-1}, \quad (1.5)$$

где Z_i - припуск на одну сторону.

Порядок выполнения расчета.

Рассчитать отверстие $\varnothing 40H9/13$. Проставим в таблицу 3 (колонка №8) допуски на диаметр 40 мм для всех операций по квалитетам точности.

Черновая - 12-11; Чистовая - 10; Тонкое - 7;

Поставим в таблицу 3 (колонки 2 и 3) значения шероховатости R_z и глубины дефектного слоя H для всех операции.

Расчет минимальных припусков на диаметральные размеры для каждого перехода [3]:

$$Z_{\min} = 2(R_{z-1} + h_{r-1} + \sqrt{\Delta_{z-1} + \varepsilon_i^2}), \quad (1.6)$$

Черновая:

$$Z_{\min} = 2(60 + 80 + \sqrt{250^2 + 1000^2}) = 2340 \text{ мкм.}$$

Чистовая:

$$Z_{\min} = 2(40 + 60 + \sqrt{90^2 + 100^2}) = 470 \text{ мкм.}$$

Тонкое:

$$Z_{\min} = 2(10 + 40 + \sqrt{45^2 + 30^2}) = 208 \text{ мкм.}$$

$\varnothing 40H12^{(+250)}$

$$D_{\max} = D + ES = 38 + 0,25 = 38,25$$

$$D_{\min} = D + EI = 38 + 0 = 38$$

$$TD = 0,25 = 250 \text{ мм.}$$

$\varnothing 39,1H11^{(+160)}$

$$D_{\max} = D + ES = 39,1 + 0,16 = 39,26$$

$$D_{\min} = D + EI = 39,1 + 0 = 39,1$$

$$TD = 0,16 = 160 \text{ мм.}$$

Ø 39,7H9⁽⁺⁶²⁾

$$D_{\max} = D + ES = 39,7 + 0,062 = 39,762$$

$$D_{\min} = D + EI = 39,7 + 0 = 39,7$$

$$TD = 0,062 = 62 \text{ мкм.}$$

Ø 40H7⁽⁺²⁵⁾

$$D_{\max} = D + ES = 40 + 0,025 = 40,025$$

$$D_{\min} = D + EI = 40 + 0 = 40$$

$$TD = 0,025 = 25 \text{ мкм.}$$

Проверка:

$$Z_{\text{общ. max}} - Z_{\text{общ. min}} = T_3 - T_D \quad (1.7)$$

$$250 - 25 = 225 \text{ мкм}$$

3243 - 3018 = 225 мкм, расчеты припуска и промежуточных размеров выполнен верно.

Таблица 3. Расчеты припусков на механическую обработку.

Содержание операции	Элементы припуска				Расчетный припуск	Расчетный размер, мм	Допуск, мм	Предельные размеры		Предельные значения припусков	
	R/z	h	ΔΣ	Ey				max	min	max	min
Заготовка: отливка	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Сверление	60	80	250	-	-	38H12	250	38,25	38	-	-
Расточка черновая	40	60	90	1000	2340	39,1H11	160	39,26	39,1	-1,01	-1,1
Расточка чистовая	10	40	45	100	470	39,7H9	62	39,762	39,7	-0,502	-0,6
Точение тонкое	5	20	30	30	208	40H7	25	40,025	40	-0,263	-0,3

1.9 Расчет режимов резания

Степень режима резания определяется в зависимости от типа и конструкции инструмента, материала и формы его режущей части, особенности заточки, точности установки и закрепления инструмента на станке, состояния СПИД и определяет силы резания и используемую при резании мощность.

При постановке цели расчета режима резания учитывают вид и размеры инструмента, материал его режущей части, состояние заготовки, тип оборудования и его состояние. При этом необходимо учитывать, что элементы режима резания находятся во взаимной функциональной зависимости, рассчитываемой эмпирическими формулами, то что глубина резания и подача на прямую влияют на стойкость T инструмента, которая, в свою очередь, связана со скоростью резания [6].

05 Токарная

1. Проходы - 9.

2. Глубина резания $t = 25$ мм (9 проходов по 3 мм).

3. Подача $S = 1,2$ мм/об. [6 стр 418 табл. 2]

4. Скорость резания:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} K_v, \quad (1.8)$$

Подбираем коэффициенты [6 стр 422 табл. 8] :

$C_v = 340$; $x = 0,15$; $y = 0,43$; $m = 0,20$; $T = 60$ мин; $q = 0,2$; $K_{nv} = 0,85$; $K_{uv} = 1$; $K_{\mu v} = (750/\sigma)^{nv} = 1$; $K_v = 1 * 1 * 0,8 = 0,8$.

$$V = \left(\frac{340 \cdot 25^{0,2}}{60^{0,2} \cdot 3^{0,15} \cdot 1,2^{0,43}} \right) * 0,85 = 190$$

5. Частота вращения шпинделя:

$$n_{\text{шп}} = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \quad (1.9)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 190,65}{3,14 \cdot 75} = 809,55; \text{ Принимаем } n = 826.$$

6. Определяем практическую скорость резания:

$$V_{\text{пр}} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 25 \cdot 826}{1000} = 190,6$$

7. Мощность резания:

$$N_{\text{рез}} = \frac{P_z \cdot V_{\text{пр}}}{1020 \cdot 60}, \quad (1.10)$$

где P_z -сила резания; $V_{\text{пр}}$ -практическая скорость резания.

Сила резания:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \quad (1.11)$$

Подбираем коэффициенты [6 стр 428]

$$C_p = 46; x = 0,7; y = 0,8; n = -0,15; K_p = 0,92.$$

$$P_z = 10 \cdot 46 \cdot 25^{0,7} \cdot 1,2^{0,8} \cdot 190,6^{-0,15} \cdot 0,92 = 2261,45$$

$$N_{рез} = \frac{2261,45 \cdot 190,65}{1020 \cdot 60} = 7,04 \text{ кВт.}$$

010 Токарная

1. Проходы - 1.
2. Глубина резания $t = 15$ мм.
3. Подача $S = 0,9$ мм/об
4. Скорость резания $V = 61$.
5. Частота вращения шпинделя: $n = 1298,5$ принимаем 1330.
6. Практическая скорость резания: $V_{пр} = 61,15$
7. Мощность резания: $N_{рез} = 1,4$ кВт.

015 Сверлильная

1. Проходов
2. Глубина резания $t = 2$ мм.
3. Подача $S = 0,5$ мм/об.
4. Скорость резания $V = 308$.
5. Частота вращения $n = 2457,6$.
6. Практическая скорость $V_{пр} = 308,6$.
7. Мощность резания $N_{рез} = 0,8$ кВт.

020 Сверлильная

1. Проходов
2. Глубина резания $t = 1,5$ мм.
3. Подача $S = 0,9$ мм/об.
4. Скорость резания $V = 381,82$.
5. Частота вращения $n = 2431,98$.
6. Практическая скорость $V_{пр} = 382$.
7. Мощность резания $N_{рез} = 1,3$ кВт.

025 Протяжная

Размеры шпоночного паза: $b = 18$ мм, $h = 9$ мм.

Материал рабочей части Р6М5.

1. Глубина резания $t = \frac{(D-d) * n}{2} = \frac{(80-40) * 1}{2} = 20$ мм.

2. Подача $S = 0,05-0,15$ мм/об принимаем среднюю величину подачи $S = 0,1$.

3. Скорость резания $V = \frac{C_v}{T^m * S_z^{X_v}} = \frac{7,3}{240^{0,6} * 0,1^{0,75}} = 1,6$ м/мин.

4. Усилие для протягивания: $P_z = C_p * b * n * S_z^{X_p} = 117 * 14 * 9 * 0,1^{0,85} = 3122,2$ кг (31222 Н).

5. Мощность протягивания: $N_{пр} = \frac{P * V}{61200} = \frac{31222 * 1,6}{61200} = 0,8$ кВт.

Таблица 4. Расчеты режимов резания на изготовление детали “шків”.

№ операции	Глубина резания t	Подача S	Скорость резания V	Частота вращения шпинделя n	Мощность резания Nрез
05	25	1,2	190	826	7,04
010	15	0,9	61	1330	1,4
015	2	0,5	308	2457	0,8
020	1,5	0,9	382	2431	1,3
025	20	0,1	1,6	-	0,8

1.10 Нормирование операций обработки

Самой главной частью создания и проектирования сборочных работ является выявление норм времени на их исполнение. Основываясь на техническое нормирование определяют трудоемкость сборочных работ, эффективность рабочих мест, устанавливают стоимость, выполняется календарное планирование выпуска продукции, реконструируют действующие и проектируют современные сборочные цеха.

Норма времени - это стандартизованное время производства данного объема работ в поставленных производственных тех. условиях одним или несколькими работниками надлежащей квалификации.

В машиностроении, а именно при сборке, норма времени определяется на технологическую операцию.

При сборке машин, равно как при механической обработке заготовок деталей, имеются три метода нормирования времени:

- технический расчет норм по нормативам;
- расчет норм на основании хронометража и фотографии рабочего дня;
- определение по укрупненным нормативам (опытно - статистический метод). [8]

Техническое нормирование - это установление рассчитанных норм расхода производственных ресурсов. Под производственными ресурсами рассматриваются энергия, сырье, материалы, инструменты, рабочее время и т.д. Задачами технического нормирования являются определение резервов рабочего времени, улучшение организации труда и в конечном итоге, увеличение эффективности труда и увеличение объема производства.

Технически рассчитанная норма времени называется регламентированное время выполнения технологической операции в заданных организационных технических условиях, более благоприятных для данного типа производства [10].

Норма штучного времени на сборочные операции включает:

- основное (технологическое) время $T_{осн}$;
- вспомогательное время $T_{всп}$;
- время на обслуживание рабочего места $T_{обс}$;
- время на отдых и личные надобности $T_{отд}$.

Операция: 05 Токарная

Деталь: “шкив”

Оборудование: токарно - винторезный станок модели 16К40

Приспособление: трехкулачковый патрон

Материал: Ст3сп ГОСТ-380

Охлаждение: эмульсия охлаждающая

Режущий инструмент: токарный резец ВК8

Измерительный инструмент: штангенциркуль ШЦИ - II [3].

Расчеты [8]:

Основное время:

$$T_0 = \frac{L_p}{n \cdot S_0}, \quad \text{где } L_p = L_0 + L_{вп} + L_{сх}, \quad (1.12)$$

$L_{вп} = L_{сх} = ctg\alpha \cdot t$, где $ctg\alpha$ - значение котангенса угла в плане (резца); t - глубина резания, назначенная для операции.

$$L_{вп} = L_{сх} = 1,7 \cdot 3 = 5,1 \text{ мм};$$

$$L_0 = 75 + 5,1 + 5,1 = 85,2 \text{ мм};$$

Далее определяем основное время:

$$T_0 = 85,2 \cdot 9 / 826 \cdot 1,2 = 0,7 \text{ мин}$$

Для определения вспомогательного времени суммируются следующие элементы:

$$T_{всп} = T_{уст} + T_{пер} + T_{изм}, \quad (1.13)$$

где $T_{уст}$ - время на установку, закрепления, снятие детали; $T_{пер}$ - время на принятие управления станков; $T_{изм}$ - время на контрольные измерения обработанной поверхности.

$$T_{всп} = 2,3 + 1,02 + 0,78 = 4,1 \text{ мин.}$$

Оперативное время:

$$T_{опер} = T_o + T_{всп} = 0,7 + 4,1 = 5,8 \text{ мин.}$$

Штучное и штучно-калькуляционное время:

$$T_{шт} = T_{опер} + \left(\frac{1 + (\alpha + \beta + \gamma)}{100} \right), \quad (1.14)$$

где $\alpha = 3..8$; $\beta = 3..8$; $\gamma = 1..3$.

$$T_{шт} = 5,8 + \left(\frac{1 + (8 + 8 + 3)}{100} \right) = 6,99 \text{ мин.}$$

$$T_{шт.к} = T_{шт} + T_{обс} = 6,99 + 0,2 = 7,2 \text{ мин.}$$

Расчеты нормирования дальнейших операций проводятся аналогичным методом.

Таблица 5. Расчётные данные нормирования на все операции.

Операция	Время, мин
05 Токарная	19
010 Токарная	45,2
015 Сверлильная	28,7
020 Сверлильная	42
025 Шлифовальная	9,6
030 Протяжная	8,4

Время необходимое для обработки заготовки шкива 153,9 мин.

2. Проектирование технологического процесса в системах CAD / CAM

2.1 3D моделирование шкива

Системы CAD широко используются в проектировании и уже давно помогают автоматизировать процесс проектирования. Чертеж детали «большой шкив» был создан с помощью программы AutoCAD. В программе были разработаны 2D, 3D модель детали, а также эскиз технологического процесса.

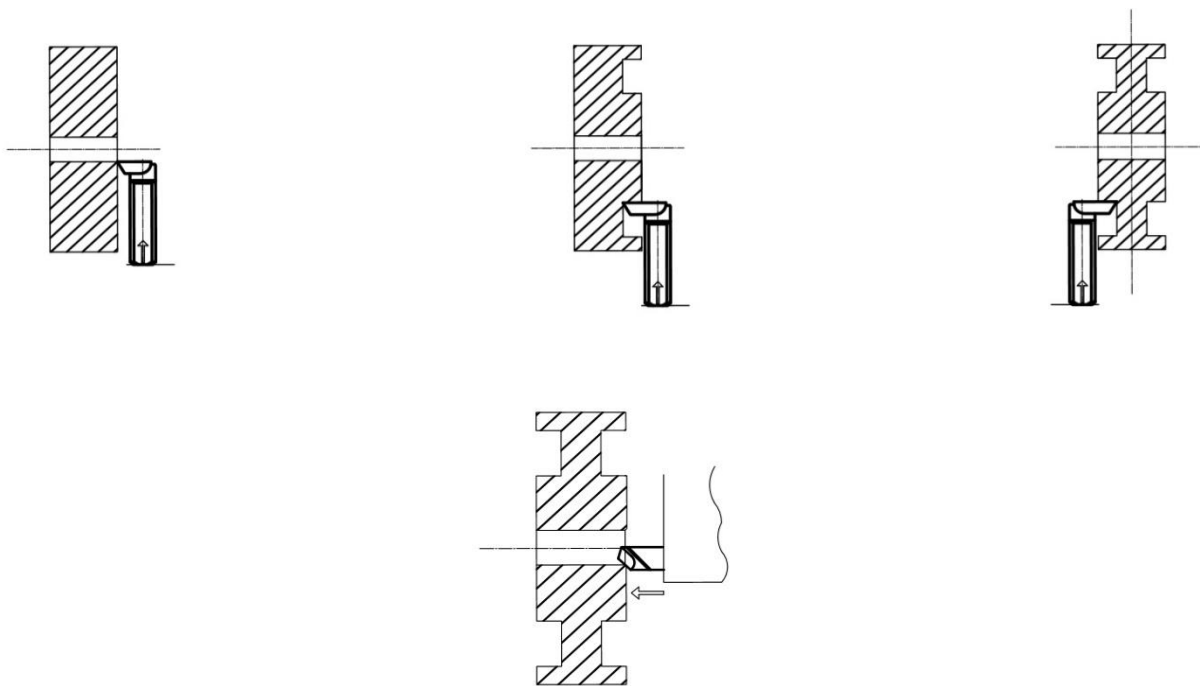


Рисунок 1 – Токарная операция 05.



Рисунок 2 – Токарная операция 010 (точение канавок под ремень).

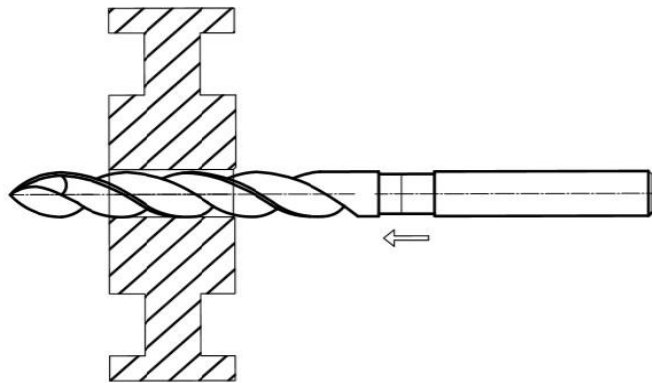


Рисунок 3 – Сверлильная операция 015 (отверстие $\varnothing 40$)

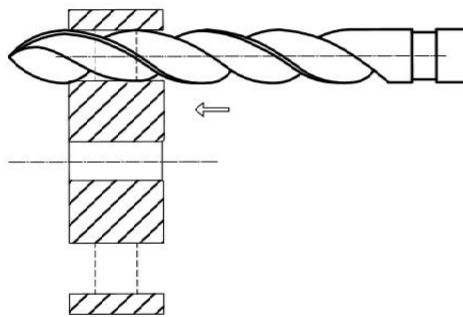


Рисунок 4 – Сверлильная операция 020 (4 отверстия $\varnothing 25$).

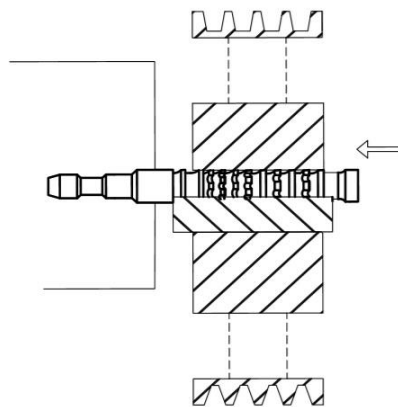


Рисунок 5 – Протяжная операция (шпоночный паз 18Js9).

2.2 Генерация управляющей программы для ЧПУ в SprutCAM

Разработка программы управления точением шкива на станке с ЧПУ был выполнен в системе SprutCAM 11.

Готовый трехмерный вид шкива импортируется из программного файла КОМПАС.

Затем выбирается тип заготовки и назначаются необходимые операции.

Программа создает анимацию обработки в разделе «Моделирование», что позволяет полностью контролировать процесс и вносить изменения.

Во время создания операции программа устанавливает путь обработки и рабочее задание, которое выделено заштрихованными линиями. Если операции установлены правильно и ничто не мешает обработке, операции входят в «Смоделированный» статус. Для полной визуализации был выбран токарно-фрезерный станок VHT 800.

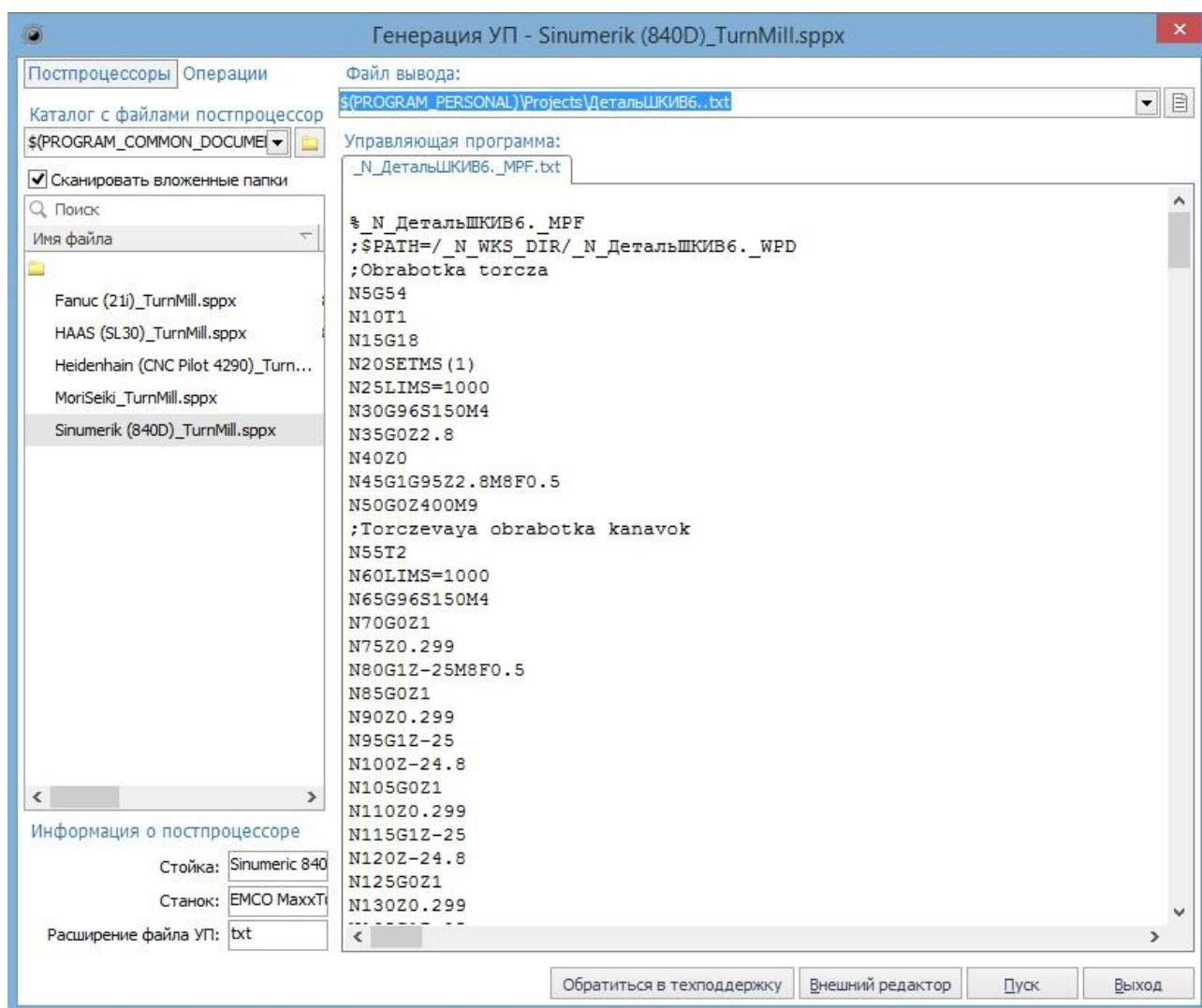


Рисунок 6 – Управляющая программа для станков с ЧПУ.

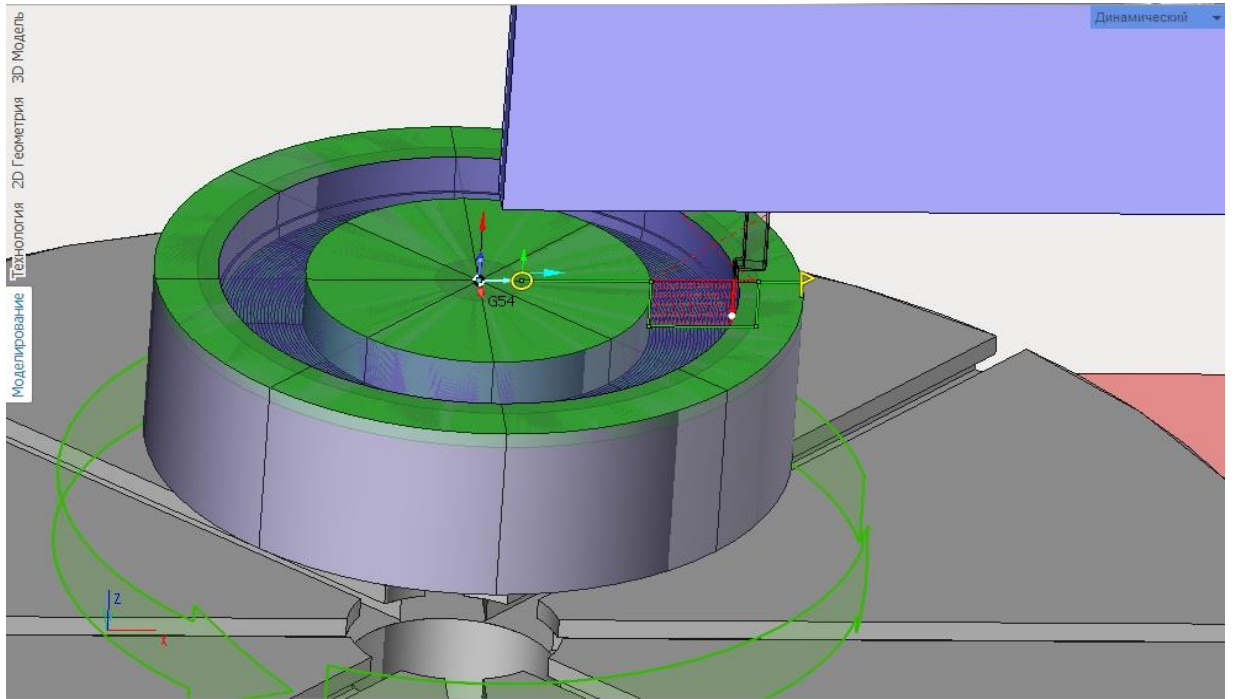


Рисунок 7 – 3D модель выполнения операции 05.

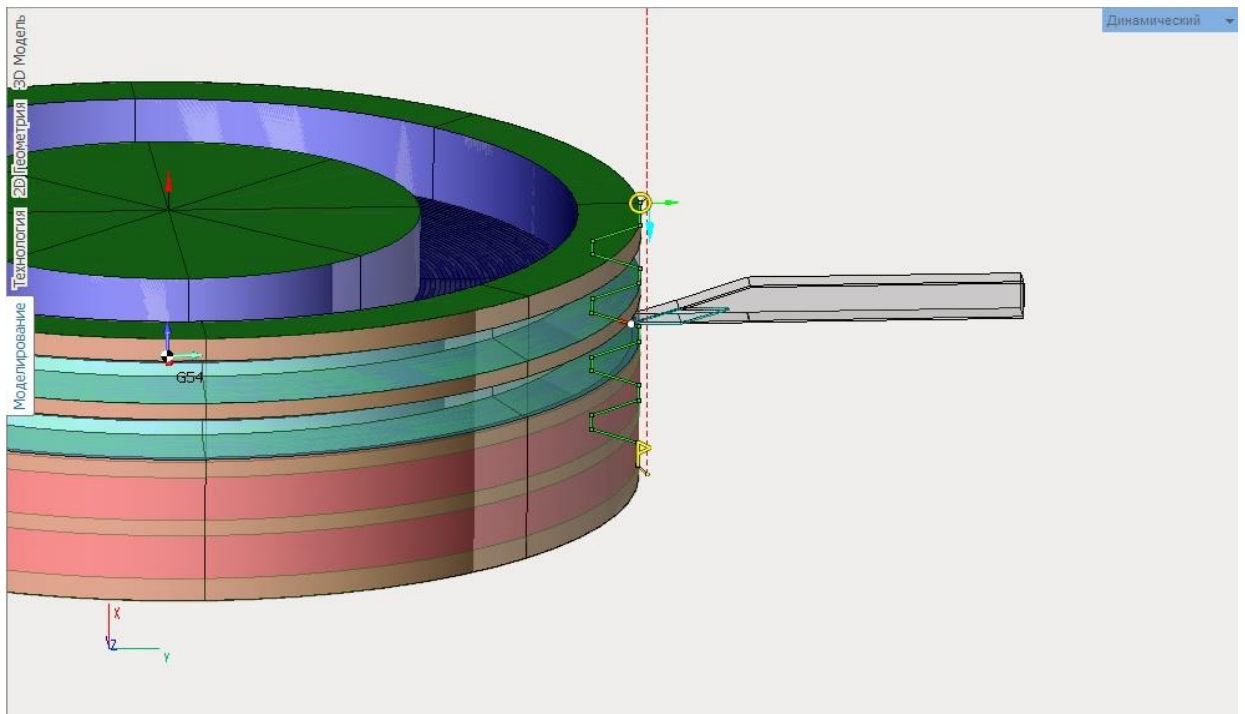


Рисунок 8 - 3D модель выполнения операции 010.

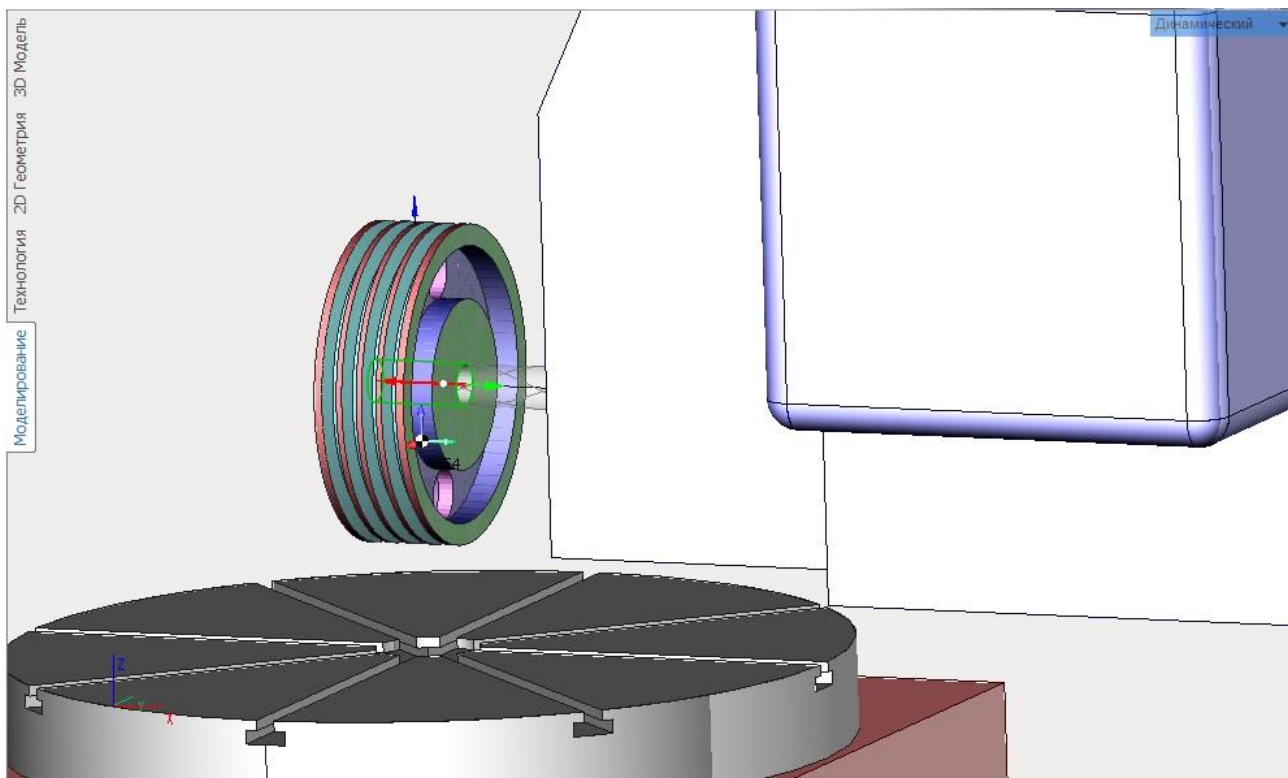


Рисунок 9 - 3D модель выполнения операции 015.

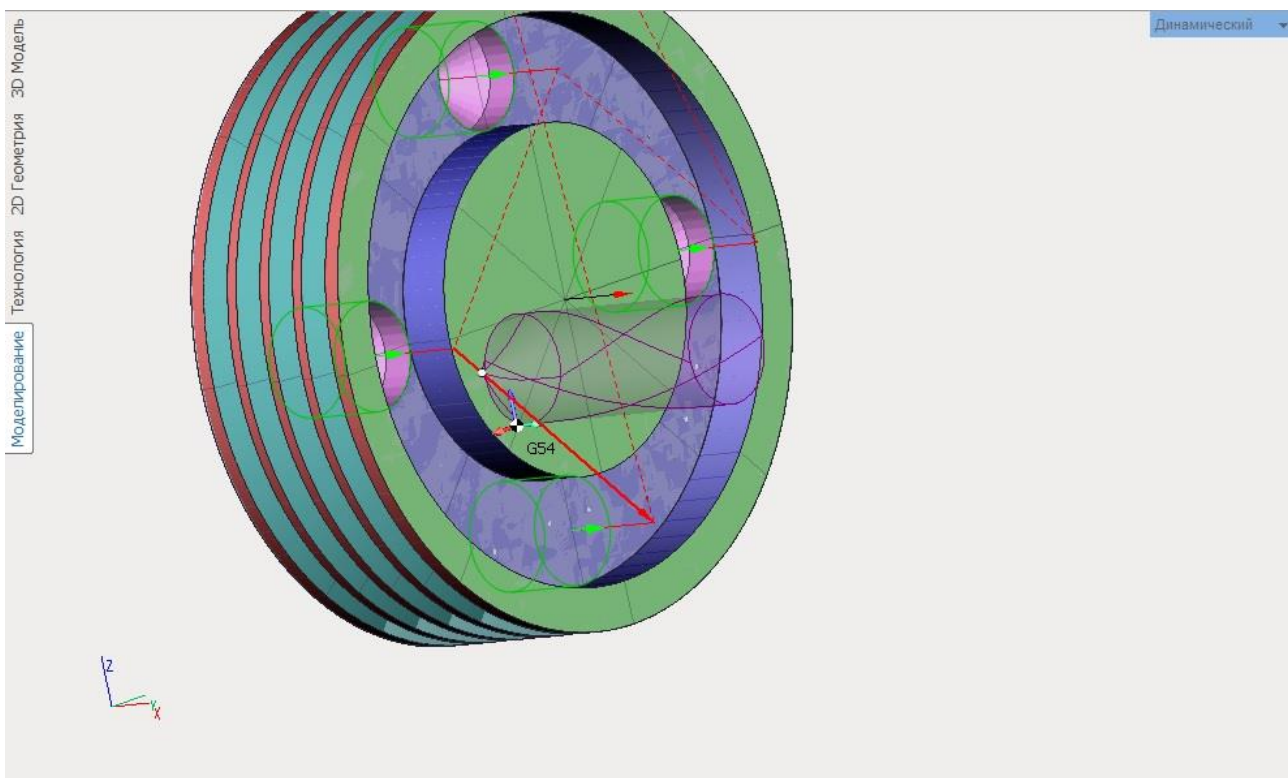


Рисунок 10 - 3D модель выполнения операции 020.

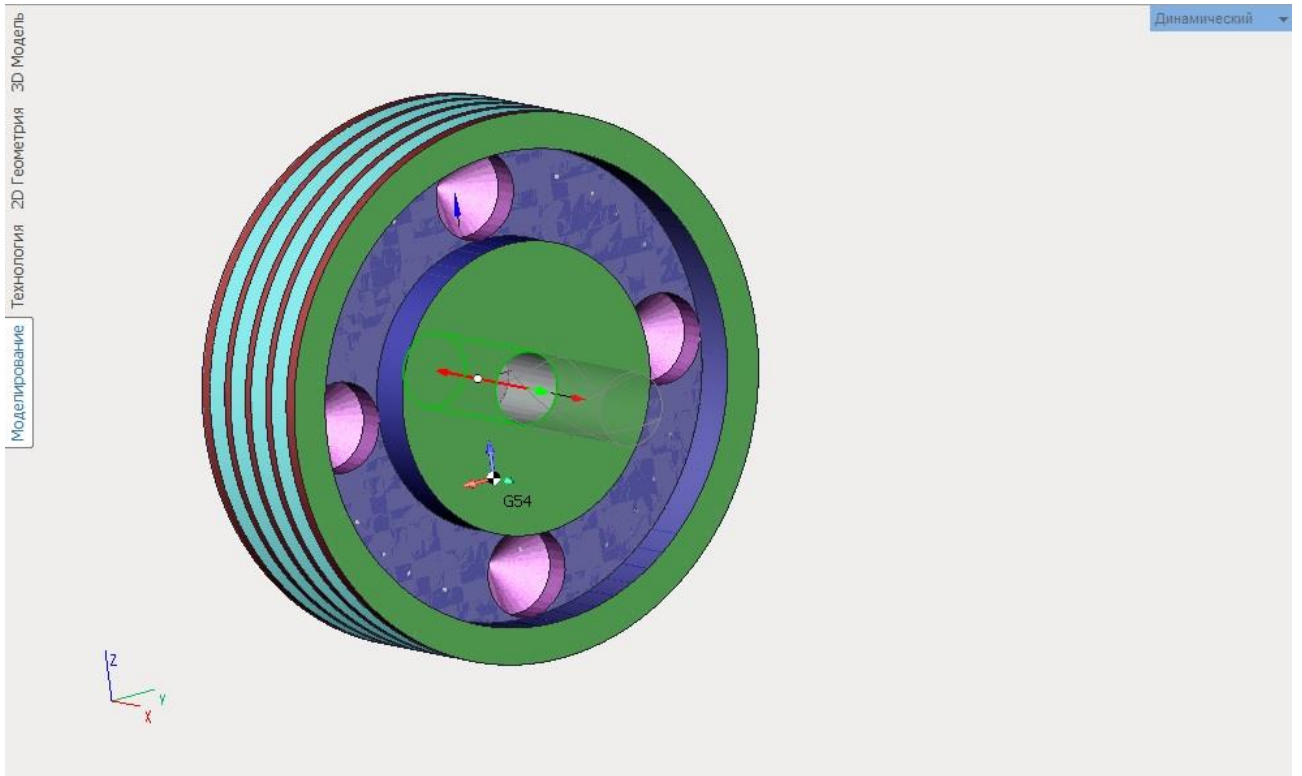


Рисунок 11 - 3D модель готовой детали «шків».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе был произведен конструктивно-технологический анализ детали - “большой шкив”, на основании чертежа детали и годовой программы. Были выполнены поставленные задачи дипломного проекта, такие как: разработка чертежа детали “большой шкив” в соответствии с ГОСТами, подбор материала и типа заготовки, разработка технологического процесса изготовления детали путем выбора технологических операций, соответствующих для изготовления данной детали. Были подобраны станки и режущие инструменты для каждой технологической операции.

Начинать разработку технологических процессов изготовления детали необходимо с подробного изучения служебного назначения детали и анализа технических требований. Технологии изготовления ведется в порядке последовательности с применением положений и правил, прописанных в ГОСТах.

Дипломный проект включает в себя все стадии технологического процесса изготовления большого шкива. Заготовка детали была получена литьем в кокиль, что предоставляет заготовке низкие припуски, и механическую обработку. В деталях были рассчитаны режимы резания каждой операции, что позволило установить наиболее точное время на операции. Также были сделаны эскизы обработок каждой технологической операции и 3D-модель самой детали.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Технологичность конструкции изделия/ Под ред. Ю.Д. Амирова. – М.: Машиностроение, 1990.
- 2 Справочное пособие технолога машиностроительного завода. Белькевич Б.А., Тимашков В.Д. – Минск: Беларусь, 1972.
- 3 Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. Москва 1967г. Часть 1, часть 2.
- 4 Справочник технолога-машиностроителя.1985г. А.Г. Косилова. Том 1, том 2.
- 5 Технология машиностроения. Пашкевич М.Ф. 2018 г.
- 6 Справочник технолога машиностроителя. Том 1, том 2. Под ред. А.Н. Малова, "Машиностроение" 1972 г.
- 7 Основы проектирования машиностроительных заводов (цехи механосборочного производства). Мамаев В.С., Осипов Е.Г. Москва, "Машиностроение", 1974г.
- 8 Общемашиностроительные нормативы времени. Москва 1984г.
- 9 Технология машиностроения. Учеб. пособие/ Е.С. Аскарлов - Алматы 2015г.
- 10 Справочник нормировщика. Под ред. А.В. Ахумова. Машиностроение. 1987г.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А:

Рисунок А-1

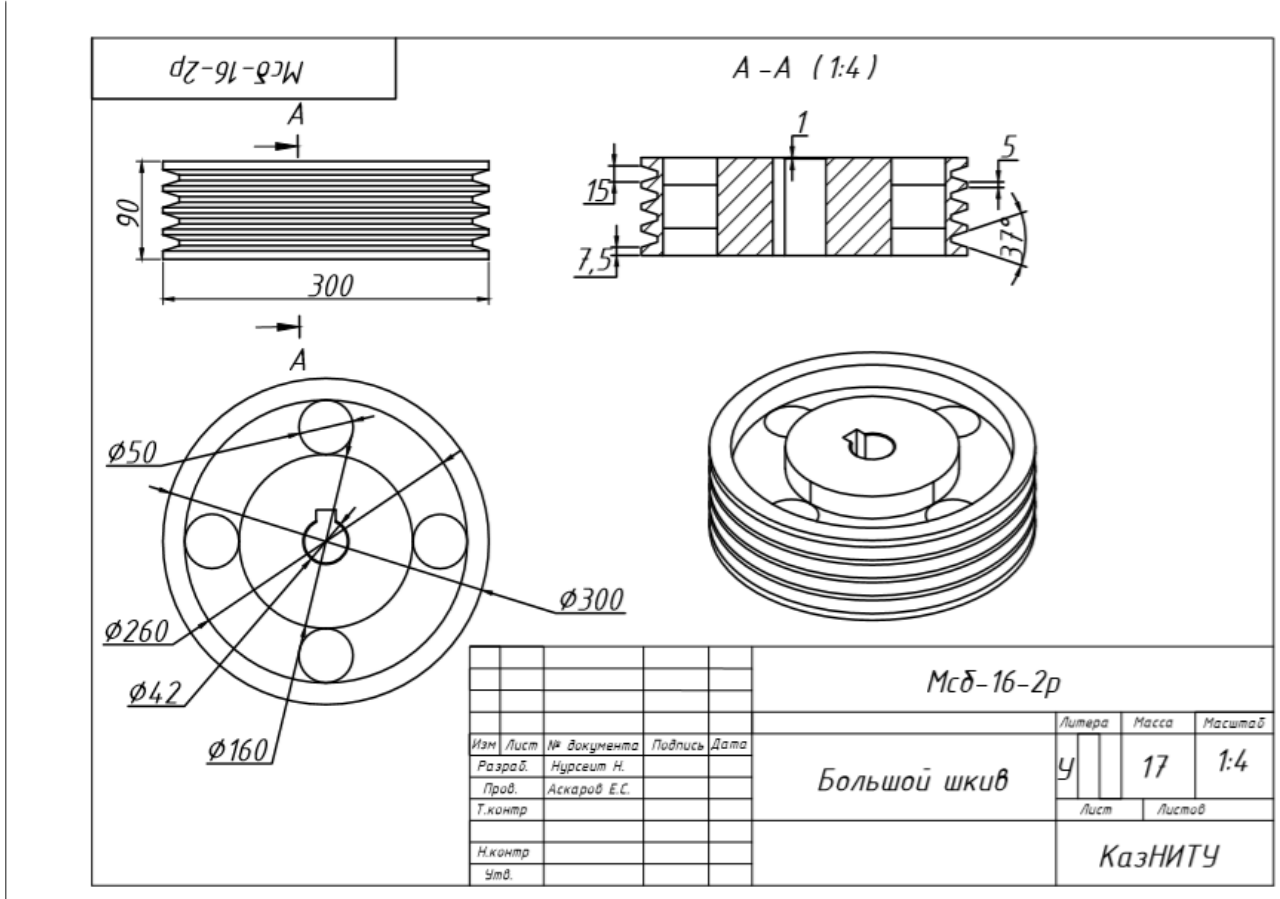


Рисунок А-2

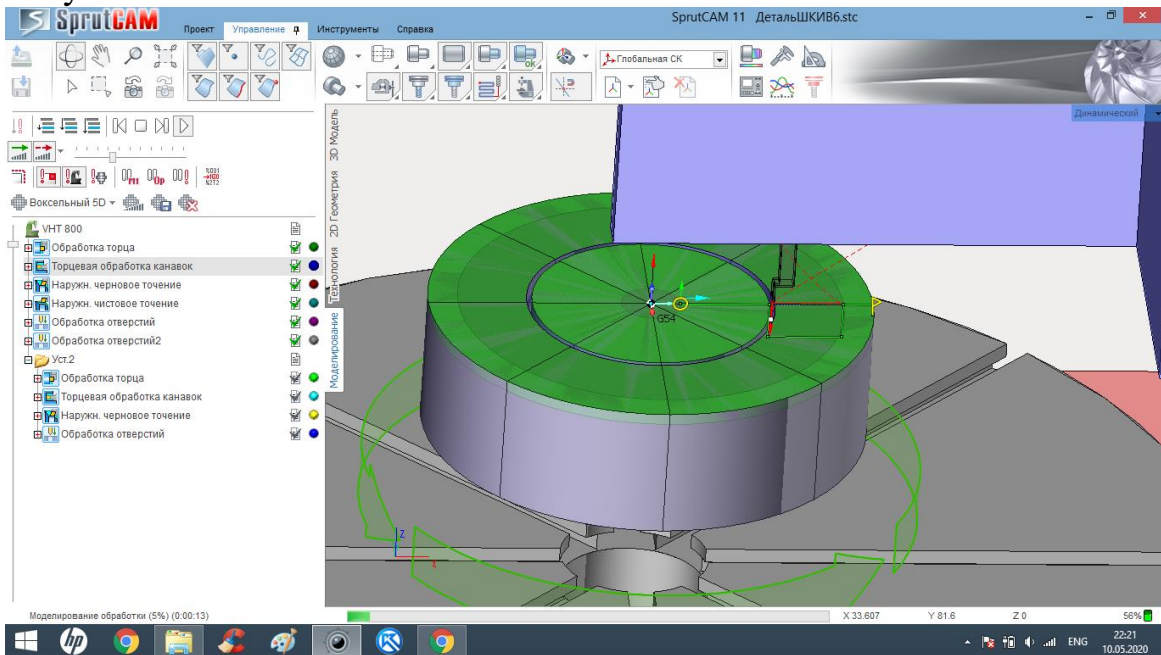


Рисунок А-3

