

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
образования  
«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения  
(наименование института полностью)

Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»  
(наименование)

15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных  
производств»

(код и наименование направления подготовки / специальности)

Технология машиностроения  
(направленность (профиль) / специализация)

## **ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

На тему Технологический процесс сборки картера сцепления автомобилей «Lada»

Обучающийся

Г.А. Макаров

(Инициалы, Фамилия)

\_\_\_\_\_ (Личная подпись)

Руководитель

канд. тех. наук, доцент Д.Г. Левашкин

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Консультанты

\_\_\_\_\_ (ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

\_\_\_\_\_ (ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

## Аннотация

Тема данной выпускной квалификационной работы: «технологический процесс сборки картера сцепления автомобилей «LADA»

Цель работы заключается в проектировании технологии узловой сборки на основе типовой технологии сборки деталей на данном производстве и ее совершенствовании для снижения затрат на сборку в имеющихся производственных условиях.

Выпускная квалификационная работа состоит из введения, пяти разделов, 11 рисунков, 10 таблиц, заключения, списка литературы из 25 источников, включая иностранные, представленных на 53 страницах пояснительной записки, и из графической части, состоящей из 7 листов формата А1.

В первом разделе были представлены исходные данные, необходимые для последующего проектирования, проведен их анализ и систематизация.

Во втором разделе были проведены стандартные расчеты припуска, режимов резания, усилий, требуемых для сборки узла, выбрана оснастка, необходимая для осуществления процесса сборки.

В третьем разделе была разработана специальная оснастка, повышающая эффективность технологического процесса сборки и предшествующих ей операций, а также снижающая стоимость этого технологического процесса.

В четвертом разделе работы была оценена безопасность факторов, сопутствующих рассматриваемому технологическому процессу и были предложены методы снижения влияния негативных факторов, вызываемых технологическим процессом.

В пятом разделе была выполнена оценка экономической эффективности применения спроектированного варианта технологического процесса сборки.

Расчет выявил положительный эффект и предложенный технологический процесс признан эффективным.

## ABSTRACT

The title of the graduation work is *Development of the Clutch Housing Assembly Process for «LADA» Vehicles*.

The graduation work consists of an introduction, five parts, 11 figures, 10 tables, a conclusion, and a list of 25 references including foreign sources, presented on 53 pages of an explanatory note, as well as a graphic section consisting of 7 sheets of A1 format.

The aim of this graduation work is to design an assembly unit technology based on the standard assembly process at the given production facility and to improve it for reducing assembly costs under existing production conditions.

The graduation work may be divided into several logically connected parts which are the initial data analysis, standard calculations, special tooling design, assessment of environmental and safety factors, and economic efficiency evaluation.

The first section presents the initial data required for subsequent design, providing their analysis and systematization.

The second section involves standard calculations of machining allowances, cutting conditions, and forces required for unit assembly. The necessary tooling for the assembly process was also selected.

The third section describes the development of special tooling. This tooling enhances the efficiency of the assembly technological process and preceding operations, as well as reduces its cost.

The fourth section assesses the environmental impact and safety of factors associated with the technological process. Methods to mitigate the negative effects caused by the process are proposed.

The fifth section evaluates the economic efficiency of implementing the designed assembly technological process variant. The results show clearly that a positive effect was revealed and the proposed technological process was recognized as efficient.

## Содержание

Введение.....	6
1. Анализ исходных данных.....	7
1.1 Анализ конструкции деталей.....	7
1.2 Анализ технологичности деталей .....	11
1.3 Анализ технологичности процесса узловой сборки.....	13
2 Разработка технологической части работы.....	16
2.1 Расчет усилия затяжки резьбы.....	16
2.2 расчет усилия запрессовки.....	17
2.3 Определение операционных припусков .....	17
2.4 Расчет режимов резания .....	20
3 Расчет и проектирование оснастки .....	23
3.1 Выбор схем базирования в приспособлении.....	23
3.2 Выбор приводов приспособлений.....	25
3.3 Проектирование компоновки приспособления.....	28
3.4 Анализ деформаций элементов приспособления .....	31
3.5 Расчет усилий затяжки соединений приспособления .....	36
3.6 Проектирование и расчет режущего инструмента .....	40
4 Безопасность и экологичность технического объекта .....	45
4.1. Конструктивно-технологическая характеристика объекта .....	45
4.2 Идентификация производственно-технологических и эксплуатационных профессиональных рисков .....	46
4.3 Методы и технические средства снижения профессиональных рисков.....	47
4.4 Разработка технических средств и организационных мероприятий по обеспечению пожарной безопасности технического объекта.....	49

4.6 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта .....	51
5 Экономическая эффективность работы .....	53
Заключение .....	56
Список используемой литературы .....	57

## Введение

В современном автомобилестроении, характеризующемся высокими требованиями к качеству и производительности, совершенствование технологических процессов сборки является основополагающим фактором конкурентоспособности. Особую значимость приобретают процессы сборки ответственных узлов и агрегатов, непосредственно влияющих на эксплуатационные качества автомобиля.

Возникновение неточностей при сборке может привести к возникновению вибраций, что вызовет повышенный износ и в последствии – отказ узла.

Обеспечить требуемую точность и повторяемость процесса сборки в условиях массового производства возможно при применении специализированных сборочных приспособлений. Эти устройства переходят из разряда вспомогательного оборудования в категорию основного технологического оснащения, выполняя ряд важных функций, таких как точное базирование и фиксация. Это достигается с помощью системы опор, установочных пальцев, призм и зажимных устройств (механических, пневматических, гидравлических, электрических, магнитных), применяемых с учетом особенностей конструкции детали в угоду минимизации погрешностей установки.

Также сборочное приспособление может не только осуществлять фиксацию деталей, но и непосредственно осуществлять сборку узлов за счет все тех же механических, пневматических, гидравлических и прочих приводов, обеспечивая тем самым постоянство величины и направления усилий при сборке.

Поэтому можно сказать, что в настоящее время выбранная тема выпускной квалификационной работы не теряет своей актуальности виду постоянно растущих мощностей производств и покупательского спроса.

## 1. Анализ исходных данных

### 1.1 Анализ конструкции деталей

в ходе выполнения этой работы будет рассмотрен технологический процесс сборки картера сцепления новейшей модели автомобиля «LADA Niva». В рассматриваемом процессе участвуют картер сцепления коробки передач и сапун вентиляции коробки передач. Рассмотрим конструкцию картера сцепления. Она представлена на рисунке 1.

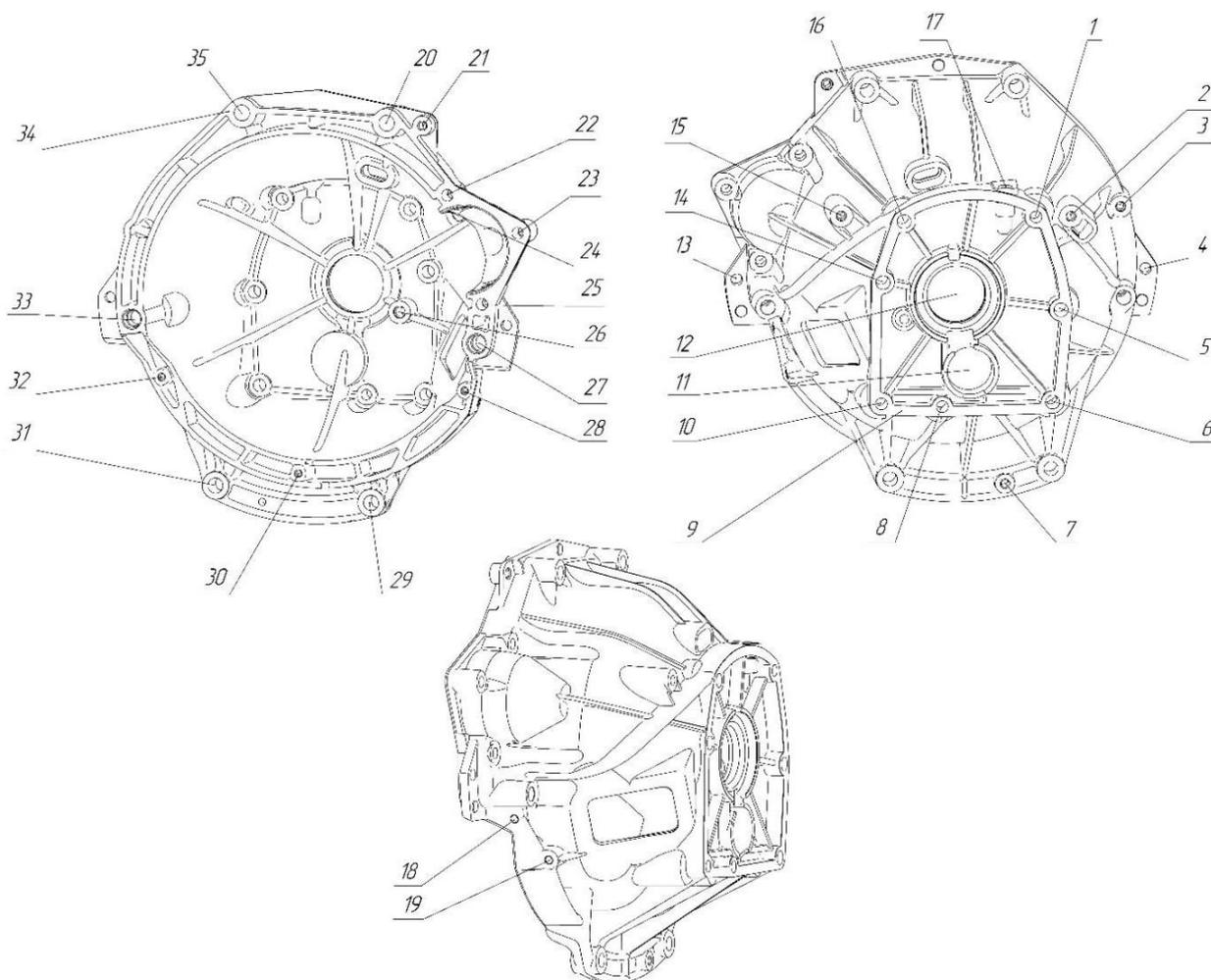


Рисунок 1 – Эскиз картера сцепления

Этот элемент является корпусной деталью. Он соединяет коробку передач и двигатель и в нем располагается механизм сцепления, обеспечивающий передачу момента от двигателя к коробке передач.

Опишем назначение выделенных поверхностей. В дальнейшем это поможет при выборе правильной схемы базирования.

Поверхности 1, 5, 6, 8, 10, 14, 16 являются отверстиями для крепления картера коробки передач. Поверхности 2 и 15 предназначены для крепления рым-болтов для удобного перемещения детали в ходе технологического процесса. Поверхности 3 и 7 есть отверстия для крепления системы выпуска отработанных газов. Отверстия 4 и 13 являются установочными при черновых операциях и не обрабатываются после отливки. Они расположены в специальных технологических приливах и не функциональны при использовании автомобиля. плоскость 9 – поверхность, прилегающая к картеру коробки передач. Поверхность 11 – зона расположения промежуточного вала. Поверхность 12 представлена отверстием переменного диаметра для установки выжимного подшипника и первичного вала. Отверстие 17 является цилиндрическим двухступенчатым и предназначено для запрессовки сапуна вентиляции коробки передач. Поверхности 18 и 19 являются резьбовыми отверстиями, предназначенными для закрепления гидроцилиндра вилки выключения сцепления. Отверстия 20, 27, 33, 36 предназначены для крепления картера сцепления к блоку двигателя. Среди них отверстия 27 и 33 имеют повышенную по сравнению с другими точность изготовления для возможности использования их для позиционирования в процессе механической обработки. Отверстие 21 предназначено для закрепления через него кронштейна катушки зажигания. Через отверстия 22, 23 и 25 в картере сцепления крепится стартер, а прилив в виде поверхности 24 предназначен для закрепления в нем самого стартера. В резьбовое отверстие 26 вкручивается шаровая опора вилки выключения сцепления. С помощью отверстий 28, 30 и 32 к картеру сцепления крепится нижняя крышка. С помощью отверстий 29 и 31 соединяются картер и поддерживающий кронштейн. Поверхность 34 является плоскостью, прилегающей к двигателю.

Введем обозначения типовых признаков поверхностей. Виды поверхностей могут быть представлены ОКБ – основной конструкторской

базой, ВКБ – вспомогательной конструкторской базой, ИП – исполнительной поверхностью, С – свободной поверхностью. Среди типов поверхностей можно выделить П – плоскую, ЦН – цилиндрическую наружную, ЦВ – цилиндрическую внутреннюю, КВ – коническую внутреннюю, КН – коническую наружную, Р – резьбовую, Ф – фасонную, З – зубчатую [11]. «С помощью поверхностей первого вида, называемых исполнительными, деталь выполняет свое служебное назначение. Поверхности второго вида определяют положение детали относительно других деталей, поэтому их называют основными базирующими поверхностями или основными базами детали. К третьему виду относятся поверхности детали, с помощью которых определяется положение всех прочих деталей, присоединяемых к данной детали. Эти поверхности определяют положение присоединяемых деталей относительно ее основных баз и, соответственно, относительно других деталей и механизмов изделия, поэтому их называют вспомогательными базами детали. Все остальные поверхности, которые не сопрягаются с поверхностями других деталей и завершают конструктивные формы анализируемой детали, называются свободными поверхностями. Поверхности второго и третьего вида, которые совместно с поверхностями первого вида косвенно обеспечивают служебное назначение детали, также принято называть конструкторскими базами» [7]. Пользуясь этим правилом, сгруппируем обозначенные поверхности по характерным признакам и занесем результаты группировки в таблицу 1.

Таблица 1 – Характеристики поверхностей картера сцепления

№ пов.	Вид пов.	Тип пов.	Габариты, мм	Допуск, мм		Rz
				Расп.	форма	
1, 5, 6, 8, 10, 14, 16	ОКБ	ЦВ	11,2	0,3	0,1	Rz80
2, 15	ИП	Р	8	0,4	0,5	Rz80
3, 7	ВКБ	Р	8	0,25	0,5	Rz80

Продолжение таблицы 1

4,13	ОКБ	ЦВ	10	-	0,1	Rz80
9	ОКБ	П	202	0,1	0,05	Ra2,5
11	ВКБ	Ф	41	-	0,85	Rz80
12	ВКБ	Ф	51,5	0,01	0,04	Rz80
17	ИП	Ф	12,1	0,2	0,025	Rz80
18, 19	ВКБ	Р	8	0,2	-	Rz80
20, 35	ВКБ	КВ	14	0,3	-	Rz80
21	ИП	Р	8	0,25	-	Rz80
22, 23, 25	ИП	КВ	10,4	0,85	-	Rz80
24	ВКБ	Ф	76,2	0,34	0,073	Ra2,5
26	ВКБ	Р	10	0,25	0,5	Rz80
27, 33	ОКБ	ЦВ	13,9	0,025	0,021	Rz80
28, 30, 32	ВКБ	Р	6	0,25	0,5	Rz80
29, 31	ИП	КВ	13,5	0,3	0,3	Rz80
34	ОКБ	П	370	0,1	0,08	Ra2,5

Теперь рассмотрим сапун вентиляции коробки передач. На рисунке 2 представлен его эскиз, а также обозначены характерные поверхности.

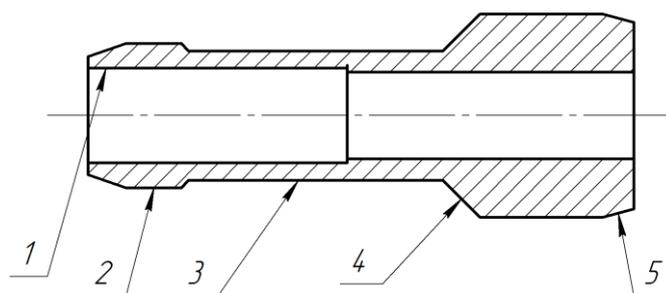


Рисунок 2 – Эскиз сапуна вентиляции

Как понятно из названия, эта деталь предназначена для того, чтобы через нее проходил воздух. Она представляет собой тело вращения с фасонным профилем. Через отверстие 1 происходит вентиляция коробки передач. Поверхность 2 является буртиком, на который надевается резиновый защитный колпачок. Буртик имеет с одной стороны фаску, расположенную

под более острым углом, предназначенную для удобного надевания колпачка, а с другой стороны – под более тупым углом, что необходимо для фиксации колпачка на детали. Поверхность 3 является свободной. Поверхность 4 является исполнительной и представлена в виде наружного конуса. Конусность этой поверхности необходима для позиционирования детали в приспособлении в процессе ее запрессовки при сборке картера сцепления. Поверхность 5 является основной конструкторской базой, так как определяет положение детали после сборки. Она имеет небольшую конусность, необходимую для фиксации детали в картере сцепления, и в тоже время, снижающую требования к точности изготовления посадочной поверхности.

После описания назначения деталей и поверхностей этих деталей, а также классификации этих поверхностей, следует перейти к анализу технологичности деталей.

## **1.2 Анализ технологичности деталей**

Сначала оценим технологичность картера сцепления. Хотя эта деталь и имеет сложный профиль поверхностей, однако, заготовка для ее получения изготавливается методом литья, что сильно упрощает процесс ее обработки. Выбор материала этой детали так же способствует ее получению методом литья, так как алюминий марки АК12М2, из которого отливается заготовка, обладает хорошей текучестью в расплавленном состоянии благодаря содержанию в среднем 12% кремния. Тем не менее, не смотря на простоту способа получения заготовки, он крайне требователен к технологии: кокиль должен быть подогрет во избежание слишком быстрого охлаждения отливки и вследствие этого накопления напряжений, что особенно критично в том числе и для используемого в этом случае сплава, так как коэффициент его температурного расширения достаточно высок и составляет  $24,58 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ , что в среднем выше чем у стали, а предел текучести низок и не превышает 1,5%, что находится на уровне чугуна.

Хотя деталь имеет форму, похожую на чашу, доступ к обрабатываемым и функциональным поверхностям не затруднен и может быть осуществлен из положения сверху как к наружным, так и к внутренним поверхностям [19]. Наличие ребер жесткости повышает прочность детали при статических нагрузках. Не смотря на большое количество обрабатываемых поверхностей, обработка их может быть выполнена за 2 установка, кроме того большинство этих поверхностей разделены на группы и поверхности в каждой группе идентичны.

Не самые лучшие механические свойства материала детали способствуют ее более быстрой обработке, так как эта марка алюминия довольно хрупкая и стружка в процессе резания меньше забивает инструмент.

Антикоррозионные свойства алюминия так же благоприятно влияют на эксплуатационные качества детали, так как она должна быть установлена под днищем автомобиля и испытывать воздействие окружающей среды. Подводя итог, можно сказать что деталь достаточно технологична.

Теперь рассмотрим технологичность сапуна вентиляции коробки передач. Хоть эта деталь и имеет сквозное отверстие, которое является свободной поверхностью, а значит, не требует точной обработки, изготовить ее из трубчатой заготовки не представляется возможным, так как промышленность не производит прокат такого диаметра с такой большой толщиной стенок, которая присутствует в зоне, запрессовываемой в картер сцепления. Поэтому остается точить эту деталь из цельного прутка. Материал, из которого изготовлена деталь – автоматная сталь АС14 – располагает к методу производства точением, так как имеет в своем составе до 1,3% марганца, 0,3% серы и 0,3% свинца, что несколько ухудшает ее механические свойства и делает ее более хрупкой, что ускоряет процесс обработки резанием, но не сказывается на эксплуатационных качествах. Кроме того, деталь не имеет в своей конструкции сложных фасонных поверхностей, которые могли бы усложнить процесс точения. После механической обработки деталь покрывается цинком, что повышает устойчивость ее поверхности к коррозии,

а также снижает величину усилия запрессовки, требуемого для надежной фиксации в картере сцепления из-за меньшего, по сравнению с парой металлов «алюминий–сталь», коэффициента трения.

Метод горячей штамповки не подходит для этой детали, так как в конечном итоге все равно будет требоваться тот же набор операций по обработке, что и для производства из проката.

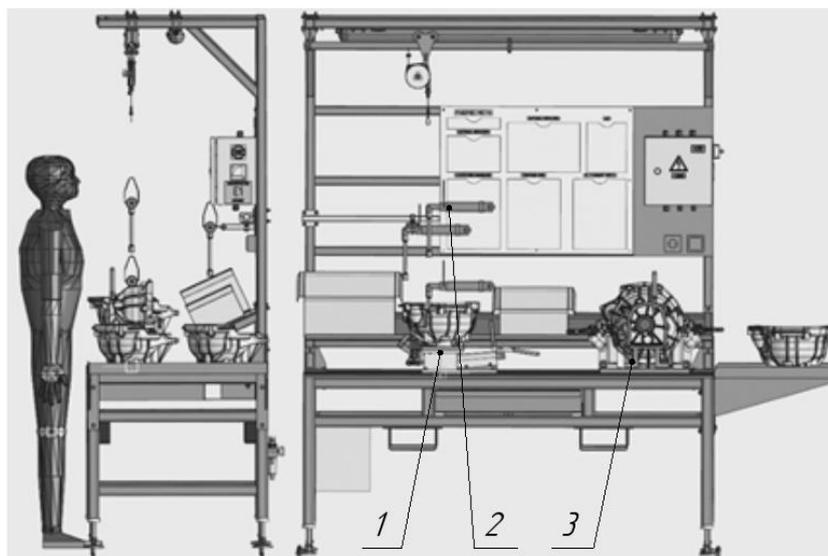
Исходя из этого, можно заявить, что деталь является технологичной.

Перейдем к расчету параметров сборки.

### **1.3 Анализ технологичности процесса узловой сборки**

Узловая сборка картера сцепления включает в себя установку шаровой опоры вилки выключения сцепления с помощью резьбового соединения и запрессовку сапуна вентиляции коробки передач в коническое отверстие. Эти операции производятся последовательно одним рабочим за одним сборочным столом. Такой метод организации труда присущ для массового производства. Для массового производства характерно наличие узкой номенклатуры изделий, производимых или собираемых поточным методом, при этом время отдельной операции на отдельном оборудовании стараются сделать как можно меньше [16]. Коэффициент загрузки оборудования при таком типе производства обычно стремится к максимуму, а коэффициент закрепления операций, наоборот, к минимуму, то есть к единице, что способствует организации поточного метода и позволяет поставить на выполняемые операции рабочих с более низкой квалификацией [18]. Для массового производства также характерны высокая автоматизация и механизация процессов, что уменьшает вспомогательное время на операциях [12]. Среди этих правил не соблюдается одно: степень механизации сборки этого узла достаточно низкая, так как зажим детали осуществляется с помощью приспособлений с ручным приводом, а запрессовка сапуна вентиляции производится ударом молотка по оправке, в которой удерживается этот сапун.

На рисунке 3 изображено рабочее место, на котором выполняется сборка рассматриваемого узла.



1 – приспособление для ввинчивания шаровой опоры;

2 – пневматический гайковерт;

3 – Приспособление для запрессовки сапуна

Рисунок 3 – Сборочный стол

Для установки шаровой опоры вилки сцепления используется специальное зажимное приспособление, которое с помощью системы рычагов передает усилие от зажима с ручным приводом к лапке прижима, которая проходит в отверстие вилки выключения сцепления и прижимает картер фланцем коробки передач к базовой плоскости приспособления. Для ограничения вращения детали при закручивании, установочная поверхность приспособления имеет пальцы, на которые устанавливается картер сцепления отверстиями, не имеющими резьбы. Эти отверстия предназначены для фиксации взаимного расположения картера сцепления и коробки передач с помощью штифтов при сборке силового агрегата автомобиля.

Силовым приводом в этом приспособлении является ручной зажимной механизм шатунного типа фирмы «Vektor» VT15 900L с ходом штока 43 мм при угле поворота рукоятки  $105^\circ$ , и усилием на штоке до 1000 кг.

Недостатком использования такого силового привода может быть неудобство расположения рукояти в зажатом положении. Однако, конструкция приспособления позволяет расположить этот прижим рукоятью в горизонтальной плоскости.

Для закручивания шаровой опоры применяется угловой пневматический гайковерт «Инструм-Рэнд» QA6AALS055BP35S08 с диапазоном крутящего момента 25-55 Н·м и с частотой вращения шпинделя 325 об/мин, использующий в качестве посадочного профиля квадрат 1/2". Для передачи момента от гайковерта детали используются удлинитель 1/2"–1/2" и головка 12,7 мм – 17 мм. Регулируемый момент затяжки позволяет

Для установки сапуна вентиляции коробки передач используется магнитная оправка, в которую ложится сапун перед запрессовкой, с помощью которой рабочий одним ударом молотка забивает сапун в отверстие картера сцепления. Для фиксации картера сцепления используется специальное зажимное приспособление. Оно оснащено двумя прихватами «Vektor» VT 5 300L с силой зажима до 300 кг при ходе рукояти 90° и ходе штанги прихвата 130°. Приспособление имеет возможность регулировки угла наклона прихватов относительно горизонта с шагом 27°. Такая возможность необходима, если зажимаемая деталь имеет допустимую для закрепления поверхность, окруженную вогнутым профилем. Прижим осуществляется вдоль стенок отверстий для штифтов. Эти отверстия являются технологическими базами в ходе всей обработки детали, для этого, на этапе их обработки к ним применяются повышенные требования к точности. Приспособление имеет специальные упоры, расположенные в плоскости приложения нагрузки при запрессовке. Они призваны исключить деформацию на сдвиг, которая может разрушить деталь.

В итоге, был рассмотрен технологический процесс сборки картера.

## 2 Разработка технологической части работы

### 2.1 Расчет усилия затяжки резьбы

Расчет усилий затяжки резьбовых соединений необходим для определения допустимых и нормативных моментов затяжки для различных нагрузок в этих соединениях и для различных материалов резьбы.

Найдем допустимый момент затяжки резьбы в соединении шаровой опоры картера сцепления. Для этого сначала необходимо найти предварительное усилие затяжки по формуле (1) [6]:

$$Q = 0,75 \cdot S_p^t \cdot A_{\text{снорм}} \quad (1)$$

Где  $S_p^t$  – напряжение от пробной нагрузки, МПа;  $S_p^t = 150$  МПа;

$A_{\text{снорм}}$  – номинальная площадь расчётного сечения резьбы, мм<sup>2</sup>; для резьбы М10х1,25  $A_{\text{снорм}} = 61,2$  мм<sup>2</sup>.

Подставим данные в формулу и получим  $Q = 6885$  Н.

Для нахождения момента затяжки необходимо знать стандартные параметры резьбового соединения и параметры материалов крепежа. Мелкий шаг резьбы М10 равен  $P = 1,25$  мм = 0,00125 м. Принимаем, что крепеж оцинкован и общий коэффициент трения для пары цинк–алюминий  $\mu_0 = 0,5$ . Средний диаметр метрической резьбы  $d_2$  выбираем по ГОСТ 24705-81, значит  $d_2 = 8,647$  мм = 0,008647 м. Диаметр опорной поверхности гайки или головки болта  $d_T = 16$  мм = 0,016 м. Диаметр отверстия под крепежную деталь для М10  $d_0 = 11$  мм = 0,011 м.

С помощью этих данных найдем момент затяжки, подставив их в формулу (2) [6]:

$$M_3 = Q \cdot (0,161 \cdot P + 0,583 \cdot \mu_0 \cdot d_2 + 0,25 \cdot \mu_0 \cdot (d_T + d_0)) \quad (2)$$

в результате получено значение  $M_3 = 23,04 \text{ Н} \cdot \text{м}$ .

В конце расчета видно, что имеется некоторое расхождение допустимого момента и интервала моментов затяжки гайковерта. Это может быть связано с тем, что такая погрешность заложена ввиду ослабления крутящего момента при закручивании соединений через удлинитель, тогда величина момента затяжки резьбы находится в рамках допустимого.

## 2.2 расчет усилия запрессовки

В настоящий момент на производстве для запрессовки используется молоток фирмы «Gedore» Ø50мм массой 1 кг с полиамидными бойками, обладающий неупругим ударом. Примем, что скорость удара молотком при требовании к точности удара составляет 2,5 м/с. длина запрессовываемой поверхности составляет 8 мм = 0,008 м. проинтегрировав формулу времени от скорости и расстояния при условии, что скорость будет уменьшаться от 2,5 м/с до 0 м/с, получим, что время торможения сапуна при запрессовке составляет 0,0064 с. Подставим эти данные в формулу силы импульса (3):

$$F = m \cdot \frac{v - v_0}{t} = 1 \cdot \frac{2,5 - 0}{0,0064} = 390,62 \text{ Н} \quad (3)$$

В итоге было найдено усилие, с которым на производстве АО «АВТОВАЗ» осуществляется запрессовка сапуна вентиляции. В дальнейшем это поможет при выборе привода приспособления для запрессовки.

## 2.3 Определение операционных припусков

Деталь изготавливается литьем под давлением, и основная часть ее поверхностей не обрабатывается, потому что данный метод литья

предоставляет наилучшее качество отливки. Это позволяет значительно уменьшить припуски на обработку там, где наличие их необходимо.

Проанализируем процесс обработки отверстия № 17, так как он предшествует рассматриваемому процессу сборки. Отверстие имеет две ступени, и в массовом типе производства для его обработки может быть использован специализированный режущий инструмент – двухступенчатые сверло и развертка.

После развертывания необходимо получить двухступенчатое отверстие с диаметром первой ступени  $\varnothing 11,9^{+0,05}$  и диаметром второй –  $\varnothing 12,1^{+0,05}$ , операции развертывания предшествует этап рассверливания литой заготовки. Из-за наличия двух ступеней, следует рассчитать припуск по отдельности для каждой из них. Глубина дефектного слоя после литья под давлением составляет  $T = 100$  мкм, а высота микронеровностей поверхности равна  $Rz50$ . После рассверливания может быть получено отверстие с 12 квалитетом точности и шероховатостью  $Rz40$ , а после развертывания – с 9 квалитетом и шероховатостью  $Rz5$ .

При обработке наружных и внутренних поверхностей двухсторонний припуск находится по формуле (4):

$$2Z_{min}^i = 2 \left( (Rz + h)^{i-1} + \sqrt{\Delta_{\Sigma}^{i-1 2} + \varepsilon_y^{i 2}} \right) \quad (4)$$

где  $i$  – индекс выполняемого технологического перехода;

$Rz$  – средняя высота неровностей поверхности после предшествующего перехода;

$h$  – глубина дефектного слоя после предшествующего перехода;

$\Delta_{\Sigma}^{i-1}$  – величина пространственных отклонений обрабатываемой поверхности относительно технологической базы;

$\varepsilon_y^i$  – погрешность установки заготовки на рассматриваемом переходе.

Пользуясь этой формулой, рассчитаем операционные припуски и занесем полученные данные в таблицу 2.

Таблица 2 – Операционные размеры.

Технологические переходы	Допуск, мкм	Элементы припуска, мкм				Припуск, мкм		Предельные размеры, мм	
	Td	Rz	h	$\Delta_{пр}$	$\varepsilon_y$	$Z_{min}^i$	$Z_{max}^i$	$D_{min}^i$	$D_{max}^i$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Поверхность 17.1									
Литьё	220	50	100	471	-	-	-	9,82	10,04
Рассверливание черновое	180	40	40	74	-	621	801	11,462	11,642
Развертывание чистовое	50	5	5	-	-	154	204	11,9	11,95
Поверхность 17.2									
Литьё	220	50	100	471	-	-	-	10,02	10,24
Рассверливание черновое	180	40	40	74	-	621	801	11,662	11,842
Развертывание чистовое	50	5	5	-	-	154	204	12,1	12,15

В итоге были рассчитаны величины припусков, необходимые для получения требуемых характеристик поверхности.

## 2.4 Расчет режимов резания

При обоих видах обработки часть времени резание будет производиться одновременно двумя ступенями инструмента, поэтому необходимо найти параметры резания для обеих ступеней чтобы узнать некоторые суммарные параметры резания. Однако, скорость резания, будет ограничиваться допустимой скоростью резания для наибольшего диаметра инструмента.

Скорость резания при развертывании, зенкерования и рассверливания определяется формулой (5) [5]:

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m t^x S^y} \cdot K_v \quad (5)$$

Где  $C_v$  – коэффициент обрабатываемости материала;

$q, x, y, m$  – показатели степени для режимов резания;

$T$  – период стойкости инструмента;

$K_v$  – произведение коэффициентов, определяющих условия резания;

$t$  – глубина резания.

Рассматриваемое отверстие перед рассверливанием не имеет ступеней и его диаметр определяется возможностью получения годного участка первой ступени инструмента, то есть для всего отверстия  $d_{\min} = 9,82$  мм,  $d_{\max} = 10,04$  мм, и тогда при глубине резания на первой ступени  $t_{св1} = 0,8$  мм, глубина резания на второй ступени будет  $t_{св2} = 0,9$  мм.

Для лезвийной обработки алюминиевых сплавов, ввиду их высокой коррозионной активности, используется инструмент с режущей частью из поликристаллического алмаза. Тогда при сверлении  $C_v = 77,4$ ;  $q = 0,5$ ;  $x = 0,15$ ;  $y = 0,45$ ;  $m = 0,4$ ;  $q = 0,2$ ;  $x = 0,15$ ;  $y = 0,45$ ;  $m = 0,4$ ;  $T = 45$  мин;  $K_v = 1,944$ ;  $S_{св} = 0,2$  мм/об. При развертывании  $C_v = 148$ ;  $q = 0,2$ ;  $x = 0$ ;  $y = 0,5$ ;  $m = 0,45$ ;  $T = 45$  мин;  $K_v = 3,24$ ;  $t = 0,2$  мм. Скорость резания будет равна:

$$v_{св} = \frac{77,4 \cdot 11,7^{0,5}}{45^{0,4} \cdot 0,9^{0,15} \cdot 0,2^{0,45}} \cdot 1,944 = 235 \text{ м/с}$$

$$v_p = \frac{148 \cdot 12,1^{0,2}}{45^{0,45} \cdot 0,2^0 \cdot 0,24^{0,5}} \cdot 3,24 = 291 \text{ м/с}$$

После определения допустимой скорости резания необходимо найти частоту вращения шпинделя станка. Ее можно вычислить по формуле (6):

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \quad (6)$$

При рассверливании частота вращения будет равна  $n_{св} = 7034$  об/мин, а при развертывании  $n_p = 7917$  об/мин

Крутящий момент при рассверливании рассчитывается по формуле (7):

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot t^x \cdot s^y \cdot K_p \quad (7)$$

И для ступеней сверла он будет равен:

$$M_{кр\_св1} = 10 \cdot 0,17 \cdot 11,7^{0,85} \cdot 0,9^{0,8} \cdot 0,2^{0,7} \cdot 1 = 4,1 \text{ Н/м}$$

$$M_{кр\_св2} = 10 \cdot 0,17 \cdot 11,5^{0,85} \cdot 0,8^{0,8} \cdot 0,2^{0,7} \cdot 1 = 3,7 \text{ Н/м}$$

Крутящий момент при развертывании рассчитывается по формуле (8):

$$M_{кр} = \frac{C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot D \cdot z}{2 \cdot 100} \quad (8)$$

При  $t = 0,15$  мм;  $S_z = 0,03$  мм/об;  $z = 8$ ;  $x = 0,8$ ;  $y = 0,7$  для ступеней развертки он составит  $M_{кр\_p1} = 0,34$  Н·м и  $M_{кр\_p2} = 0,35$  Н·м.

Осевая сила при рассверливании рассчитывается по формуле (9):

$$P_0 = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot K_p \quad (9)$$

$$P_0 = 10 \cdot 38 \cdot 0,15^1 \cdot 0,20^{0,4} \cdot 1,5 = 44,9 \text{ Н}$$

При развертывании осевая сила крайне невелика, ее величина не рассчитывается, а влияние не учитывается.

Для подбора оборудования, удовлетворяющего требованиям к режимам резания, необходимо знать мощность резания. Она находится по формуле (10):

$$N_e = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} \quad (10)$$

При рассверливании эта мощность составляет  $N_{св} = 5,63$  кВт, а при развертывании –  $N_p = 0,56$  кВт

В результате расчета были получены оптимальные величины режимов резания и мощность, необходимая для их осуществления.

### 3 Расчет и проектирование оснастки

#### 3.1 Выбор схем базирования в приспособлении

Ввинчивание шаровой опоры осуществляется в резьбу на внутренней поверхности картера сцепления, поэтому необходима установка детали на базовую плоскость фланцем, прилегающим к картеру коробки передач, и ограничение вращения путем установки отверстий без резьбы на этом фланце на установочные пальцы. Схема базирования для этой операции представлена на рисунке 4.

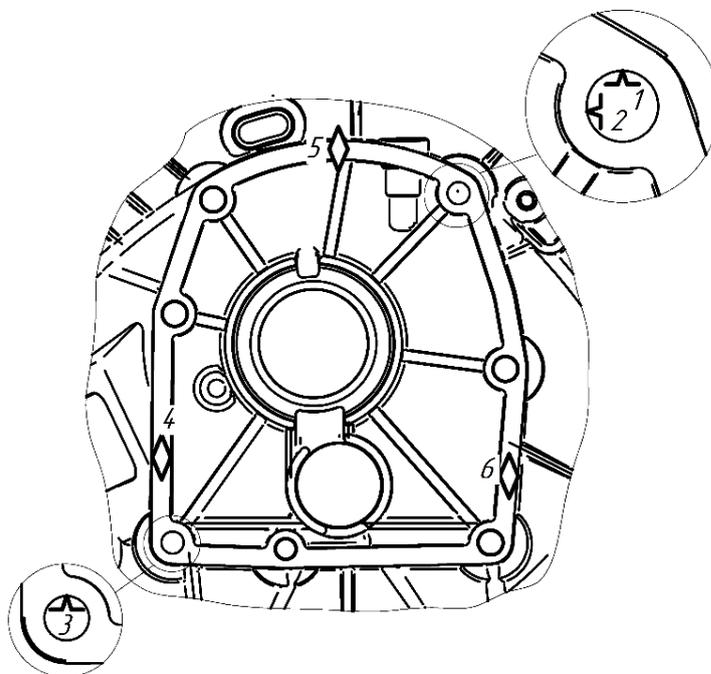


Рисунок 4 – схема базирования при установке шаровой опоры

При такой схеме точки 1 и 2 ограничивают перемещение в плане, точка 3 ограничивает вращение в плане, а точки 4, 5 и 6 ограничивают остальные перемещения [1], [17]. Такая схема в настоящий момент используется на производстве.

Далее выберем схему базирования для операции запрессовки, похожую на ту, что используется на производстве «ВАЗ», но изменим ее с целью изменения расположения опоры, предотвращающей деформацию детали, а также для возможности механизации процесса запрессовки. Сапун вентиляции при ее использовании так же должен запрессовываться сверху, а прижим детали к базовой поверхности приспособления должен осуществляться плоскостью, прилегающей к блоку двигателя. Эта схема изображена на рисунке 5.

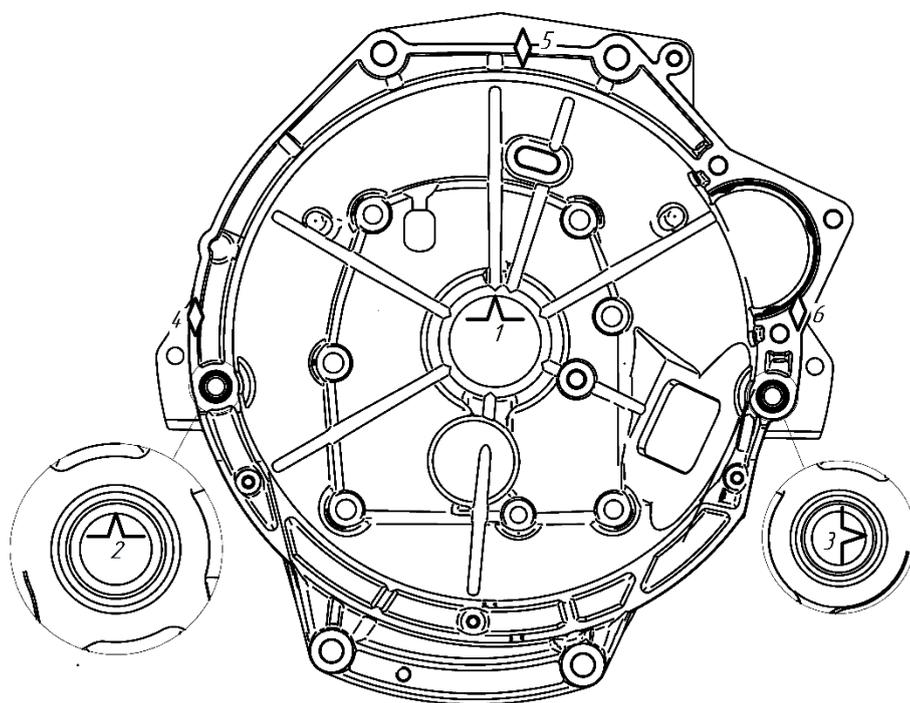


Рисунок 5 – Схема базирования при установке сапуна вентиляции

Точки 1, 2 и 3 ограничивают перемещение и вращение в плане, точки 4, 5 и 6 определяют принадлежность детали базовой плоскости приспособления и ограничивают остальные перемещения.

Стенки вокруг отверстий, в которых расположены точки 2 и 3 довольно толстые, поэтому резонно осуществлять зажим детали вдоль этих отверстий. Ось отверстия, в которое запрессовывается сапун вентиляции, лежит практически в плоскости отверстия, в котором расположена точка 1, и практически пересекает его, но одновременно с этим достаточно сильно

удалена от базовой плоскости, поэтому необходимо наличие дополнительной опорной поверхности, которая и образует точку 1.

В итоге получены схемы, которые будут применены при проектировании зажимных приспособлений.

### 3.2 Выбор приводов приспособлений

Для фиксации детали при установке шаровой опоры используется зажим с ручным приводом, который способен оказывать давление до 1000 кг. Такая большая сила зажима необходима из-за наличия системы рычагов между зажимом и прихватом, которая увеличивает амплитуду движения прихвата, уменьшает габариты приспособления, но сильно снижает выходное усилие зажима. Заменяем зажим с ручным приводом на пневматический привод.

На производстве давление в пневматической сети составляет 0,42-0,55 МПа. Примем среднее значение давления, которым будут приводиться в действие пневматический привод 0,48 МПа и исходя из этого подберем диаметр поршня по формуле (11):

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{Q}{P}} \quad (11)$$

Где Q – усилие на штоке, Н; примем Q = 9810 Н;

P – давление воздуха в сети.

Подставим данные в формулу и получим:

$$D_{ш} = 1,13 \sqrt{\frac{9810}{0,48}} = 161,5 \approx 162 \text{ мм}$$

Полученный диаметр поршня слишком велик и пневматический цилиндр будет мешать рабочему в случае выбора такого диаметра. Поэтому примем, что подвод воздуха к приспособлению осуществляется через пневматический бустер, способный повышать давление воздуха на выходе в 2 раза, тогда давление, подводимое к приводу будет  $P = 0,96$  МПа. Найдем диаметр поршня с таким давлением:

$$D_{ш} = 1,13 \sqrt{\frac{9810}{1,92}} = 114 \text{ мм}$$

Примем стандартное меньшее значение диаметра поршня  $D = 100$  мм, так как расхождение расчетного и действительного диаметров не повлияет на надежность зажима ввиду использования запаса по силе зажима, заложенного при проектировании рассматриваемого приспособления.

Таким же образом найдем диаметры поршней пневматических цилиндров, требуемых для фиксации картера при запрессовке сапуна вентиляции. Ручные зажимы в приспособлении для запрессовки развивают усилие до 300 кг, такое усилие избыточно, так как схема базирования изменена. Поэтому примем, что необходимое усилие для зажима составляет  $100 \text{ кг} = 981 \text{ Н}$ . Кроме того, так как при фиксации для установки шаровой опоры принято использовать пневматический бустер, то будем считать, что он подает давление и к приспособлению для запрессовки.

$$D_3 = 1,13 \sqrt{\frac{981}{0,96}} = 36,1 \approx 36 \text{ мм}$$

Принимаем стандартное значение диаметра поршня 40 мм. И тогда усилие на штоке будет составлять  $F_3 = 1202 \text{ Н}$ .

Используемая в настоящий момент технология запрессовки сапуна с помощью молотка и оправки не подходит из-за низкой повторяемости усилия запрессовки, поэтому рассчитаем диаметр пневматического цилиндра, с помощью которого будет осуществляться процесс запрессовки. Исходя из опыта рассматриваемого производства примем достаточным усилием для запрессовки величину  $40 \text{ кг} = 392 \text{ Н}$ .

$$D_{\text{п}} = 1,13 \sqrt{\frac{392}{0,96}} = 22,8 \approx 23 \text{ мм}$$

Принимаем стандартное значение диаметра поршня в 25 мм, а усилие при подаче на него указанного давления составит  $F_{\text{п}} = 470 \text{ Н}$ .

В качестве силового привода для разрабатываемого приспособления выберем пневматические цилиндры одностороннего действия фирмы «Festo» серии ESNU с рабочим давлением до 10 Бар. Они обладают рядом особенностей, полезных в условиях массового производства. Прежде всего, эти приводы имеют возможность опроса положения поршня, что позволяет плавно регулировать ускорение и замедление поршня, что может быть применимо для работы с неустойчивыми к ударам деталями. Кроме того, опрос положения поршня может повысить безопасность устройств, оснащенных этими приводами, путем ограничения зоны перемещения штока цилиндра там, где есть риск травмировать оператора. Для конкретного случая может быть настроен определенный интервал движения штока привода, а при необходимости этот интервал можно легко изменить, не прибегая к замене привода.

В итоге были подобраны оптимальные характеристики силовых приводов приспособлений.

### 3.3 Проектирование компоновки приспособления

Если приспособление для установки шаровой опоры само по себе является универсальным, переналаживаемым, и, к тому же, концептуально простым, и для возможности механизации требует лишь установки пневматического цилиндра вместо ручного привода, то приспособление для запрессовки такими качествами обладает в меньшей степени: оно имеет узкий диапазон регулировок и сложность механизации, поэтому в рамках этой работы спроектируем универсальное зажимное приспособление с механизированным приводом для запрессовки сапуна вентиляции коробки передач.

В качестве базовой поверхности для установки картера сцепления будет выступать квадратная плита 420×420мм из набора УСП-12 [2], так как ее габариты близки к габаритам детали, но несколько превосходят последние. Еще одна такая же плита будет выступать в качестве платформы для установки базовой плиты и прочих опорных элементов. Так как приспособление должно быть универсальным, и при этом иметь возможность настройки положения привода, отвечающего за запрессовку сапуна вентиляции, то примем решение закрепить его с помощью кронштейна на консоли, имеющей продольный паз для регулировки вылета. В качестве такой консоли используем две соединительные планки 540×60×30мм из набора УСП-12. Консоль будет закреплена на колонне с круглым сечением с помощью хомутов, стягиваемых с помощью болтового соединения [8]. Сама колонна будет закреплена фланцем на платформе, и будет соединена с базовой плитой с помощью стяжек, имеющих с одной стороны фланец, а с другой – хомут. Фланец будет притягиваться к базовой плите, а хомут будет закреплен на колонне. Наличие Т-образных пазов на базовой плите позволит закрепить через них установочные пальцы, которые будут определять положение устанавливаемой детали [4]. Так же наличие пазов позволит использовать поддержки для предварительной ориентации детали для последующей установки на пальцы.

Деталь будет прижиматься к базовой поверхности с помощью прихватов, которые будут закреплены на штангах, перемещающихся перпендикулярно плоскости плиты, и приводимых в движение с помощью пневматических цилиндров. Эскиз приспособления с номерами основных функциональных элементов представлен на рисунке 6.

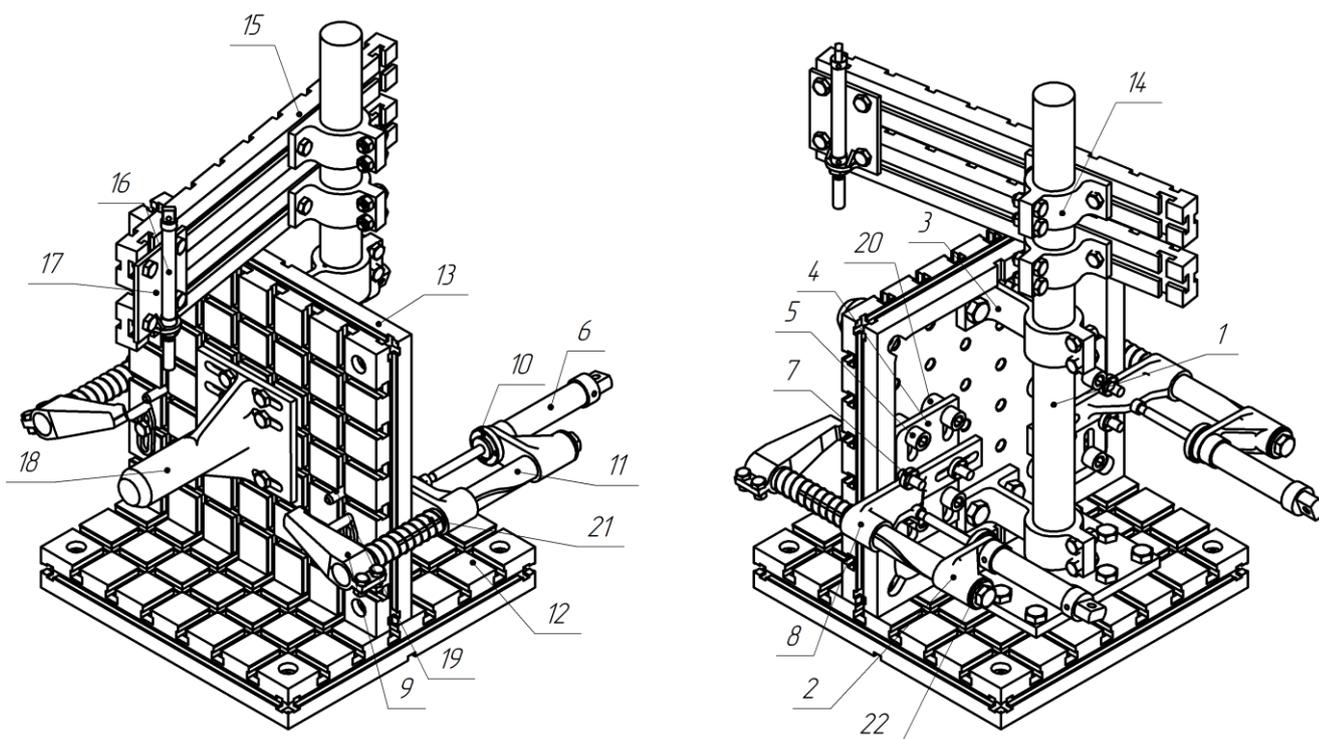


Рисунок 6 – Эскиз приспособления для запрессовки

Круглое сечение колонны 1 вместе с наличием продольных пазов на соединительной планке, используемой в качестве консоли 15, предоставляет возможность выбрать в плоскости плиты 12 любое положение пневматического цилиндра 16, используемого в качестве привода пресса, что повышает универсальность, а в условиях массового производства, правильнее сказать пригодность к переналадке для выполнения операции с деталями одного типа, но с разным расположением ключевых поверхностей. Хомуты консоли 14 позволяют зафиксировать консоль на любой высоте и под любым углом в плоскости платформы. Стяжки 3 затягиваются на колонне болтовым

соединением и притягиваются винтами к базовой плите 13. Это позволяет создать жесткую конструкцию, имеющую высокий момент инерции за счет наличия некоторого расстояния между точками закрепления. С тыльной стороны базовой плиты через втулки 20 закреплены винтами 5 салазки 4, которые имеют пазы длиной, равной половине межосевого расстояния отверстий в базовой плите, предназначенные для регулировки положения. Винты 5 могут иметь шестигранные углубления вместо шестигранной шляпки, так как нагрузки на сдвиг в данной системе невелики, а шестигранное углубление удобнее в эксплуатации, нежели шестигранная шляпка. На салазках фиксируется направляющая 8, которая имеет в своей конструкции вытянутый паз, предназначенный для регулировки вылета этой направляющей, а также для ограничения ее возможного вращения. Кроме того, направляющая перемещается между двумя резьбовыми шпильками, расположенными на салазках, а фиксируется в салазках с помощью круглых гаек 7. Выбор именно круглых гаек обусловлен равномерностью и большим, по сравнению с шестигранными гайками, размером опорной поверхности. В круглом отверстии направляющей перемещается штанга 11, передающая усилие от ходового привода 6 прихвату 9, закрепленному с помощью разрезного хомута на штанге. Штанга обладает фигурным пазом, расположенным на ее цилиндрической поверхности, предназначенным для поворота прихвата при закреплении или откреплении детали. В связи с этим кронштейн 2 ходового цилиндра свободно перемещается и вращается на штанге и передает усилие ей упираясь в шайбу 22, закрепленную с использованием винта и штифта. Пружина 21 отводит штангу и прихват в первоначальное положение при откреплении заготовки. Пневматический цилиндр же фиксируется в кронштейне с помощью круглой гайки 10. Ориентация детали в приспособлении осуществляется с помощью опоры 18, упоров 19 и установочных пальцев. Опора имеет в своем фланце пазы для регулировки положения по горизонтали. Упор так же имеет в своей

конструкции паз, который позволяет регулировать положение во всех направлениях плоскости базовой плиты за счет вращения вокруг оси крепежа.

В случае использования для позиционирования упоров вместе с установочными пальцами, необходимо зафиксировать опорную поверхность упоров, так, чтобы расстояние между цилиндрическими поверхностями пальцев и упоров было больше расстояния между установочным отверстием в детали и точкой опоры детали минимум на половину величины допуска отливки детали, но меньше высоты подъема конуса установочного пальца.

Запрессовка сапуна вентиляции производится усилием пневматического цилиндра 16, который закреплен на консоли с помощью кронштейна 17. Этот привод обладает резьбой на свободном конце штока, благодаря которой можно закрепить на нем оправку.

Базирование детали в приспособлении производится следующим образом: сначала необходимо установить деталь отверстием первичного вала на опору, затем поставить опорные поверхности детали на упоры, после чего сдвинуть деталь посадочными отверстиями на установочные пальцы, затем зажать деталь.

Важно понимать, что для того чтобы деталь самостоятельно устанавливалась на упорах, необходимо чтобы эти упоры касались каждый одновременно двух поверхностей, непараллельных друг другу, либо чтобы деталь ложилась на упоры поверхностями, положение которых зеркально. Так же, для предварительного позиционирования деталей со сложным профилем можно использовать несколько единиц или пар упоров.

В итоге, в данном разделе была выбрана конструкция приспособления для запрессовки.

### **3.4 Анализ деформаций элементов приспособления**

При зажиме детали и при непосредственном процессе запрессовки некоторые элементы конструкции воспринимают напряжения изгиба. В

случае достаточно большого изгиба колонны, на которой закреплена консоль с приводом пресса, возможно повреждение отверстия картера сцепления из-за перекоса сапуна вентиляции, что может даже привести к разрушению первого.

В случае изгиба штанги, связывающей пневматический цилиндр и прихват, так же возможно повреждение или разрушение закрепляемой детали из-за изменения площади и угла приложения нагрузки. Кроме того, в случае выбора недостаточного размера сечения, возможна необратимая пластическая деформация штанги.

С целью избежать описанных случаев, подберем подходящие геометрические характеристики элементов.

Так как приспособление заявлено, как универсальное, то оно должно предоставлять допустимые значения деформации в пределах возможностей регулировок, поэтому будут оцениваться деформации при максимальном вылете описанных ранее элементов.

Оценим величину изгиба колонны. Эпюра ее перемещений приведена на рисунке 7.

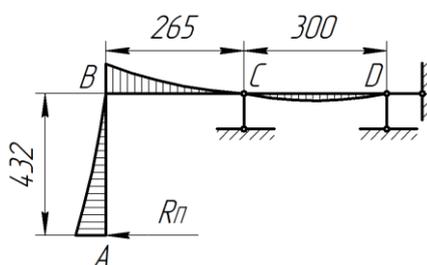


Рисунок 7 – Эпюра перемещений колонны

Точка А является проекцией точки приложения усилия от реакции детали на усилие запрессовки. Точка В является равноудаленной от крепежных хомутов консоли точкой, нагрузка в которой эквивалентна суммарным изгибающим усилиям при запрессовке. Точки С и D являются точками фиксации колонны с помощью стяжек.

Наличие перемещения консоли АВ не значит, что этот элемент является маложестким, наоборот – работающие в паре растяжение-сжатие

соединительные планки, использующиеся в качестве консоли, предоставляют максимальную жесткость и минимальную величину изгиба. Благодаря этому учитывать перемещение консоли при оценке жесткости опоры пресса не имеет смысла.

Поэтому, отдельно оценим жесткость несущей колонны. Для этого сначала необходимо найти результирующее усилие от работы пресса. Сила  $R_{\Pi}$  равна силе, развиваемой прессовым пневматическим цилиндром при заданном давлении, но имеющая противоположное ей направление –  $R_{\Pi} = 470 \text{ Н}$ . эта сила создает в точке В изгибающий момент, действующий на колонну. Этот момент можно найти по формуле (12):

$$M_B = R_{\Pi} \cdot L_{AB} \quad (12)$$

И момент в этой точке составит  $M_B = 203 \text{ Н} \cdot \text{м}$ .

Смоделируем нагрузку на колонну с этим моментом в программе «Компас-3D» с помощью приложения «АРМ FEM». Карта перемещений представлена на рисунке 8.

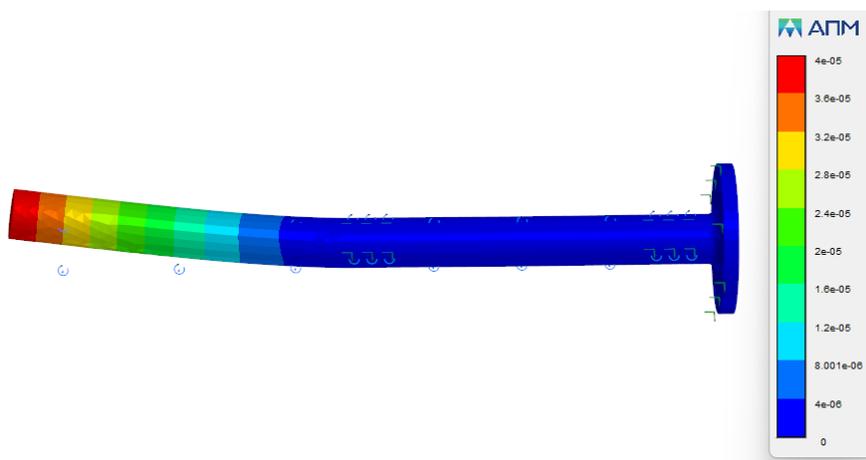


Рисунок 8 – Карта перемещений колонны

При анализе использовалась модель полнотелой колонны диаметром 50мм и длиной 700 мм из стали Ст3, обладающей не самыми лучшими механическими качествами среди сталей. Как можно увидеть на карте,

наибольшее перемещение составляет  $4 \cdot 10^{-5}$  мм, что приравнивается к нулю в условиях того производства, где могло бы использоваться приспособление. Значит, в целях упрощения и облегчения конструкции можно использовать для создания колонны толстостенную трубу меньшего диаметра и из конструкционной стали.

Подобным образом оценим величину деформации штанги прижима. Эпюра действия сил и направления деформаций представлена на рисунке 9:

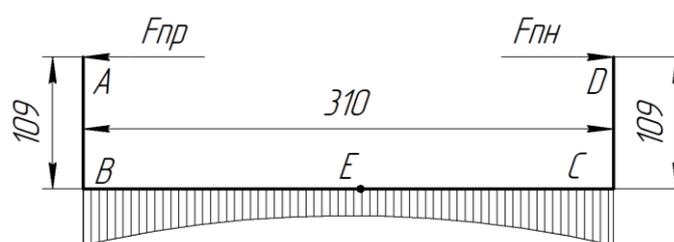


Рисунок 9 – эпюра перемещений точек закрепления на штанге.

Стержень АВ характеризует расстояние от оси штанги до точки приложения нагрузки от силы зажима  $F_{пр}$  на прихват. Отрезок CD также является расстоянием от мнимой точки закрепления кронштейна ходового привода, которая расположена на оси штанги, и точкой приложения нагрузки при работе первого, эквивалент силы которой расположен на оси штока пневматического цилиндра. Расстояния АВ и CD желательно делать равными во избежание возникновения момента, поперечного штанге, вызванного разностью моментов от закрепления и силы действия привода  $F_{пн}$ . Отрезок ВС характеризует расстояние между эквивалентными точками закрепления, расположенными на плоскостях, равноудаленных от торцевых поверхностей крепежных хомутов прихвата и кронштейна ходового пневматического цилиндра. Точка Е является точкой поддержки штанги направляющей, как правило, эта точка будет расположена близко к середине отрезка ВС, и в ней будет наименьшая деформация, если судить по отклонению точек закрепления от оси недеформированной штанги.

Силы  $F_{пр}$  и  $F_{пн}$  равны, так как одна порождает другую. Поэтому достаточно определить эквивалентный изгибающий момент от действия одной из них, с помощью формулы (13):

$$M_{зак} = F_{пн} \cdot L_{CD} \quad (13)$$

И этот момент составит  $M_{зак} = 131 \text{ Н} \cdot \text{м}$ .

Так же пользуясь приложением «APM FEM» для программы «Компас-3D» определим величину изгиба штанги в ходе зажима детали при приложении указанного момента. Карта деформаций штанги представлена на рисунке 10:

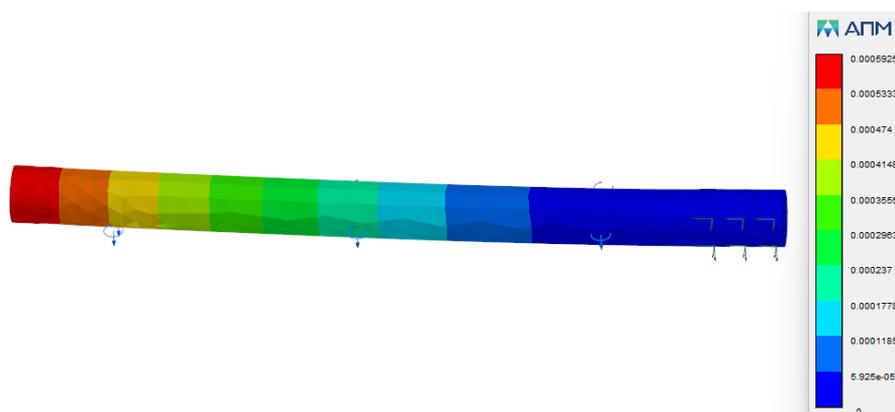


Рисунок 10 – карта деформаций штанги.

На карте результатов видно, что величина изгиба не превышает  $6 \cdot 10^{-4}$  мм, что более чем допустимо в условиях работы приспособления. С целью удешевления элемента можно использовать пруток меньшего диаметра. Однако, использование трубы, а не полнотелого прутка, может повлечь необратимую пластическую деформацию ввиду неравномерности распределения нагрузки от закрепления кронштейна и прихвата на штанге.

В результате проведенного анализа деформаций был сделан вывод, что выбранные геометрические характеристики элементов приспособления удовлетворяют условию точности и жесткости.

### 3.5 Расчет усилий затяжки соединений приспособления

Слишком большой момент затяжки может привести к разрушению резьбы или самого болта, а также деформации прилегающих поверхностей, слишком малый – к откручиванию в процессе эксплуатации и тоже разрушению резьбы в следствие неравномерного распределения нагрузки [3], [20].

Найдем усилие затяжки в резьбовых соединениях, предназначенных для соединения элементов конструкции разработанного приспособления для запрессовки сапуна вентиляции. Согласно ГОСТ 13152–67, рекомендовано использовать для соединения станочных приспособлений болты с классом прочности не ниже 8.8, поэтому будем вести расчет именно для таких болтов.

Для соединения плит УСП12 используются болты с резьбой М12. Для этой резьбы;  $A_{\text{шном}} = 84,3 \text{ мм}^2$ ;  $P = 1,75 \text{ мм} = 0,00175 \text{ м}$ ;  $d_2 = 10,105 \text{ мм} = 0,010105 \text{ м}$ ;  $d_T = 19 \text{ мм} = 0,019 \text{ м}$ ;  $d_0 = 13 \text{ мм} = 0,013 \text{ м}$ ; для класса прочности «8.8»  $S_p^t = 640 \text{ МПа}$ . Принимаем, что крепеж имеет цинк-ламельное покрытие и коэффициент трения равен  $\mu_0 = 0,14$ . В итоге, допустимое осевое усилие составит  $Q = 36670 \text{ Н}$ , а момент затяжки  $M_3 = 48,27 \text{ Н} \cdot \text{м}$ .

Плиты УСП12 имеют под пересечениями пазов отверстия с резьбой М16. В нашем случае эти отверстия используются для соединения стяжек с базовой плитой, а также колонны с плитой-платформой. Кроме того, эти отверстия используются для фиксации салазок, несущих направляющую штанги прихвата, однако, расчет усилия затяжки резьбы в этих местах не требуется, так как положение салазок будет периодически подвергаться регулировке, а сдвиговые усилия невелики, значит, максимальный момент затяжки, вероятно, не будет применяться.

Для резьбы М16 со стандартным шагом  $A_{\text{шном}} = 157 \text{ мм}^2$ ;  $P = 2 \text{ мм} = 0,002 \text{ м}$ ;  $d_2 = 13,835 \text{ мм} = 0,013835 \text{ м}$ ;  $d_T = 24 \text{ мм} = 0,024 \text{ м}$ ;  $d_0 = 17 \text{ мм} = 0,017 \text{ м}$ ; покрытие так же примем цинк-ламельное –  $\mu_0 = 0,14$ . Класс прочности так же «8.8» –  $S_p^t = 640 \text{ МПа}$ , тогда  $Q = 75360 \text{ Н}$ ,  $M_3 = 127,8 \text{ Н} \cdot \text{м}$ .

Далее необходимо найти минимальные усилия затяжки в болтовых соединениях, стягивающих крепежные хомуты прихвата, консоли, и кронштейна пневматического цилиндра, а также болтовых соединений, фиксирующих консоль и кронштейн прессового привода. Для этого найдем необходимые величины сил трения, возникающих при стягивании.

Сначала найдем усилие затяжки болтов, фиксирующих консоль на хомуте колонны. Размерная схема консоли представлена на рисунке 11:

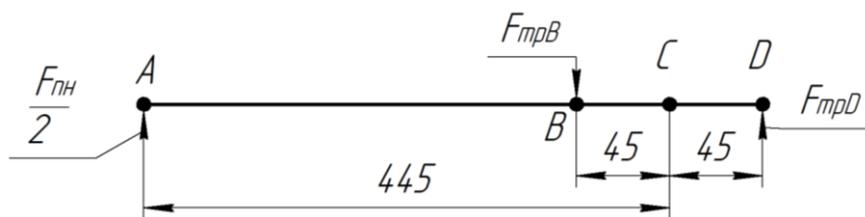


Рисунок 11 – Размерная схема консоли

Каждая из планок консоли фиксируется двумя болтами В и D с межосевым расстоянием 90 мм. На планку действует момент от половины силы действия привода пресса, так как планки консоли две, а при бесконечно малом угле поворота расстояние между этими планками не имеет значения. Точка приложения силы от цилиндра А находится на расстоянии 445 мм от мнимой оси вращения планок С, расположенной между крепежными болтами. Уравнение моментов от этих сил представлено в формуле (14):

$$F'_{пн} \cdot L_{AC} = F_{трВ} \cdot L_{BC} + F_{трD} \cdot L_{DC} \quad (14)$$

Если  $F'_{пн} = \frac{F_{пн}}{2} = \frac{470}{2} = 235$  Н, то уравнение моментов будет выглядеть следующим как:  $235 \cdot 445 = 45(F_{трВ} + F_{трD})$

Тогда силы трения будут найдены по формуле (15):

$$F_{\text{трВ}} = F_{\text{трD}} = \frac{F'_{\text{пн}} \cdot L_{\text{АС}}}{L_{\text{ВС}} + L_{\text{DC}}} = 1161,94 \text{ Н} \quad (15)$$

При коэффициенте сухого трения пары «сталь-сталь»  $\mu = 0,18$ , усилие, необходимое для образования такой силы трения будет найдено как частное требуемой силы трения и коэффициента трения и составит  $F_{\text{сж}} = 6450 \text{ Н}$

Формула требуемого момента затяжки для получения необходимой осевой силы сжатия находится по формуле (15):

$$M = 0,5 \cdot F_o \cdot d_2 \cdot \left( \frac{P}{\pi \cdot d_2} + f_p \right) \quad (15)$$

Где  $M$  – момент затяжки,  $\text{Н} \cdot \text{м}$ ;

$P$  – шаг резьбы,  $\text{м}$ ;

$d_2$  – средний диаметр,  $\text{м}$ ;

$F_o$  – осевое усилие,  $\text{Н}$ ;

$f_p$  – поправочный коэффициент для неточных измерений,  $f_p = 0,2$ .

Найдем по этой формуле минимальный необходимый момент затяжки для болтового соединения планок консоли и хомутов колонны зная, что для резьбы М12  $P = 1,75 \text{ мм} = 0,00175 \text{ м}$ ;  $d_2 = 10,863 \text{ мм} = 0,010105 \text{ м}$ ;  $F_o = 6450,2 \text{ Н}$ .

$$M = 0,5 \cdot 6450,2 \cdot 0,010105 \cdot \left( \frac{0,00175}{\pi \cdot 0,010105} + 0,2 \right) = 8,31 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Однако, исходя из неточности метода измерения усилия затяжки, следует умножить эту величину на коэффициент запаса  $K = 1,5$  для гарантированной фиксации элементов приспособления. Тогда  $M = 12,46 \text{ Н} \cdot \text{м}$ . Исходя из предыдущих расчетов, такой момент затяжки допустим для болтов М12 класса прочности «8.8».

Подобным образом найдем момент затяжки болтового соединения планок консоли и кронштейна привода прессы. В этом соединении действует такой же момент и при таком же расположении ключевых точек, однако, расстояние между осями крепежных болтов составляет не 90, а 60 мм. При таком межосевом расстоянии плечо момента от силы трения составит 30 мм вместо 45. Так как ранее упомянутые формулы, используемые для вычисления сил трения и моментов, имеют линейную зависимость, а характеристики крепежа и поверхностей остаются прежними, то можно найти требуемый в данном соединении момент затяжки с помощью пропорции по формуле (16):

$$M' = M \cdot \frac{45}{30} = 12,46 \cdot \frac{45}{30} = 18,7 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (16)$$

Такой момент затяжки крепеж также способен выдержать.

Теперь найдем момент затяжки болтовых соединений, стягивающих хомуты прихвата и кронштейна ходового привода. В этих соединениях действует осевое усилие  $F = F_3 = 1202 \text{ Н}$ . Сила трения, необходимая для фиксации при таком усилии и коэффициенте трения  $\mu = 0,18$  составляет  $F_{\text{тр}} = 6678 \text{ Н}$ . Предварительно оценим возможность фиксации каждого хомута с помощью двух болтов М10 с классом прочности «8.8». При использовании болтов и гаек М10 с  $A_{\text{снот}} = 58 \text{ мм}^2$ ;  $P = 1,5 \text{ мм} = 0,0015 \text{ м}$ ;  $d_2 = 8,376 \text{ мм} = 0,008376 \text{ м}$ ;  $d_T = 16 \text{ мм} = 0,016 \text{ м}$ ;  $d_0 = 11 \text{ мм} = 0,011 \text{ м}$ ;  $\mu_0 = 0,14$  и  $S_p^t = 640 \text{ МПа}$  допустимое осевое усилие  $Q = 27840 \text{ Н}$ , а допустимый момент затяжки резьбы  $M_3 = 30,63 \text{ Н} \cdot \text{м}$ .

Для создания необходимой силы трения  $F_{\text{тр}} = 6678 \text{ Н}$  требуется момент  $M_3 = 7,19 \text{ Н} \cdot \text{м}$

Как и ранее, используя коэффициент запаса найдем допустимое на практике значение –  $M = 10,8 \text{ Н} \cdot \text{м}$ . однако, это усилие для одного болта, а для

стяжки хомутов будут использоваться два, поэтому момент затяжки для каждого не должен быть ниже  $M = 5,4 \text{ Н} \cdot \text{м}$ .

В итоге были получены допустимые величины моментов затяжки резьбовых соединений приспособления и детали.

### 3.6 Проектирование и расчет режущего инструмента

В рамках выпускной квалификационной работы будет спроектирована развертка для обработки отверстия сапуна вентиляции в картере сцепления.

После развертывания необходимо получить двухступенчатое отверстие с длиной первой ступени 7 мм и ее диаметром  $\varnothing 11,9^{+0,05}$  и длиной второй ступени 3 мм при ее диаметре  $\varnothing 12,1^{+0,05}$ . Специальные допуски на длину ступеней отверстия не накладываются.

Перед операцией развертывания производится сверление двухступенчатым сверлом, в результате чего первая и вторая ступени имеют номинальные диаметры  $\varnothing 11,6$  мм и  $\varnothing 11,8$  мм соответственно. Таким образом припуск на сторону при развертывании составляет 0,15 мм.

«Максимальный диаметр развертки равен максимальному диаметру отверстия минус 0,15IT.

Минимальный диаметр развертки равен максимальному диаметру развертки минус 0,35IT.

Значения 0,15IT и 0,35IT округляем в сторону больших значений на 0,001мм.»

Руководствуясь этим, найдем диаметры элементов развертки. Номинальные диаметры ступеней отверстия после развертывания  $\varnothing 11,9$  мм и  $\varnothing 12,1$  мм, а максимальные  $\varnothing 11,95$  мм и  $\varnothing 12,15$  мм соответственно. Тогда максимальный и минимальный диаметры ступеней развертки равны  $D_{\max 1} = 11,942$  мм;  $D_{\max 2} = 12,142$  мм;  $D_{\min 1} = 11,924$  мм;  $D_{\min 2} = 12,124$  мм.

Тогда диаметры ступеней развертки с учетом допусков равны  $\varnothing 11,9^{+0,042}_{+0,024}$  мм и  $\varnothing 12,1^{+0,042}_{+0,024}$ .

Проектируемая заготовка предназначена для обработки отверстия в детали из алюминия. В виду высокой коррозионной активности алюминия, режущий инструмент будет подвергаться повышенному износу в случае выбора быстрорежущей стали как материала режущей части развертки. Поэтому, опираясь на опыт АО «АвтоВАЗ», для вышеупомянутой цели выберем синтетический поликристаллический алмаз (PCD) из-за его твердости, превосходящей твердость оксида алюминия и твердость кремния, входящего в состав обрабатываемого сплава.

«Развертки диаметром более 10мм изготавливаются сварными: рабочая часть – из инструментального материала, а хвостовик – из конструкционных сталей 45, 40Х, У7А, У8А и др». Поэтому выберем в качестве материала корпуса проектируемой развертки сталь 40х. Метод закрепления алмазных сегментов на теле развертки – пайка.

Диаметр обратного конуса развертки на  $0,04 \div 0,08$  мм меньше максимального диаметра, поэтому для ступеней развертки он составит  $D_{OK1} = 11,9$  мм и  $D_{OK2} = 12,1$  мм.

Диаметр заборной части первой ступени развертки вычисляется по формуле (17):

$$D_{зч} = D_{max} - (1,3 \div 1,4) \cdot 2t \quad (17)$$

И для нее этот диаметр составит  $D_{зч2} = 11,396$  мм.

В свою очередь, диаметр заборной части второй ступени развертки равен диаметру на конце обратного конуса первой ступени  $D_{зч2} = 11,902$  мм.

Машинные развертки для глухих отверстий обычно имеют угол заборной части  $\varphi = 45^\circ \div 60^\circ$ . Примем угол заборной части  $\varphi = 45^\circ$ , тогда длина фаски при таком угле будет равна нулю. И длину заборной части ступеней развертки можно будет вычислить по формуле (18):

$$l_3 = \frac{D_{max} - D_{3ч}}{2} \cdot ctg\varphi \quad (18)$$

Тогда длина заборной части первой ступени составит  $L_{3,1} = 0,546 \text{ мм} \approx 0,6 \text{ мм}$ , а длина заборной части второй ступени  $L_{3,2} = 0,12 \text{ мм} \approx 0,2 \text{ мм}$ .

Длина рабочей части первой ступени развертки составляет  $l_{p1} = 7 \text{ мм}$ ; длина рабочей части второй ступени развертки может быть найдена по формуле (19):

$$l_{p2} = (0,8 \div 3) \cdot D_{max2} \quad (19)$$

Тогда  $L_{p1} = 10 \text{ мм}$ , однако, такая длина в данном случае избыточна, поэтому примем решение выполнить вторую ступень развертки длиной 4 мм.

Длина калибрующей части развертки вычисляется по формуле (20):

$$l_k = l_p - l_3 \quad (20)$$

И для ступеней развертки она составит  $L_{k1} = 6 \text{ мм}$  и  $L_{k2} = 3,5 \text{ мм}$ .

А длина цилиндрической части развертки вычисляется по формуле (21):

$$l_{ц} = (0,25 \div 0,5) \cdot l_k \quad (21)$$

Тогда длина цилиндрической части первой ступени составит  $L_{ц1} = 2,5 \text{ мм}$ , а длина цилиндрической части второй ступени  $L_{ц2} = 1,5 \text{ мм}$ .

Принимаем число зубьев развертки  $z = 8$ , так как развертки с большим числом зубьев применяется для получения отверстий повышенной точности, кроме того, четное число зубьев позволяет производить замер диаметра микрометром.

«Задний угол  $\alpha$  на заборной и калибрующей частях принимается равным  $6 \div 10^\circ$ . Меньшая величина угла берется для чистовых разверток, большая для черновых»[9]. В связи с этим примем задний угол заборной и калибрующей частей  $\alpha = 10^\circ$ , так как развертывание производится после сверления и считается черновым.

Ширина ленточки на калибрующих частях развертки  $f$  для номинальных диаметров  $\varnothing 11,9$  и  $\varnothing 12,1$  может принимать значение  $f = 0,10 \div 0,25$  мм. Выберем значение  $f = 0,20$  мм.

Передний угол  $\gamma$  черновых разверток принимает значение  $\gamma = 5 \div 10^\circ$ . Примем в нашем случае наименьший угол –  $\gamma = 5^\circ$ , так как в таком случае режущая кромка будет иметь более высокую прочность.

Для уменьшения вибраций в процессе обработки и повышения качества обработанной поверхности необходимо неравномерное распределение зубьев развертки [14]. Для разверток с восьмью зубами неравномерность углового шага зубьев имеет вид:  $w_1 = 42^\circ$ ;  $w_2 = 44^\circ$ ;  $w_3 = 46^\circ$ ;  $w_4 = 48^\circ$ .

Угол  $\upsilon$  между стенками канавки развертки для диаметров  $\varnothing 11,9$  и  $\varnothing 12,1$   $\upsilon = 75^\circ$ . Ширина затылочной части зуба  $F$ , включающая ширину ленточки  $f$ , равна  $F = 0,7$  мм, радиус дна канавки  $r = 0,5$  мм. Так как развертка черновая, то следует выбрать прямую форму зуба.

Примем в качестве способа закрепления развертки конус HSK-32A. Необходимо провести проверку пригодности данного типа крепления для работы с возникающим в ходе обработки крутящим моментом.

Хвостовик HSK-32A имеет конусность 1:10 или  $5^\circ 43'$ . Данный тип хвостовика фиксируется с помощью тяги и системы цанг, которые упираются во внутренние выступающие элементы хвостовика. Допустимое усилие вытягивания хвостовика для типоразмера конуса A32 составляет 5000 Н. Момент трения, создаваемый при этом может быть найден по формуле (22):

$$M_{\text{тр}} = \frac{\mu \cdot F_0 \cdot (D_1 + d_2)}{4 \cdot \sin \theta} \cdot (1 - 0,04 \cdot \Delta \theta) \quad (22)$$

$$M_{\text{тр}} = \frac{0,096 \cdot 5000 \cdot (24,007 + 21,447)}{4 \cdot 0,0996} \cdot (1 - 0,04 \cdot 5) = 43811 \text{ Н/м}$$

Момент возникающий при разворачивании тупым инструментом примерно в 3 раза выше расчетного и равен  $M_{\text{кр}}' = 2,07 \text{ Н/м}$ .

Как можно видеть по результатам расчета момента трения,  $M_{\text{кр}}' < M_{\text{тр}}$ , значит, фиксация инструмента гарантирована.

Спроектированный инструмент работает следующим образом: с помощью буртика с наклонной торцовой стенкой, находящегося на внутренней поверхности конуса хвостовика, и разжимной цанги с ответной наклонной поверхностью, хвостовик инструмента втягивается в коническое отверстие патрона до упора во фланец хвостовика. После закрепления инструмента шпиндель обрабатывающего центра отводится в нулевое положение для калибровки положения инструмента. После этого шпиндель станка принимает нулевое положение начала обработки, а затем совершает цикл обработки детали с заданными частотой вращения и подачей. Выполнив обработку, инструмент выводится из отверстия, вращаясь в том же направлении, что и при обработке. Постоянство направления вращения важно для сохранения целостности режущих кромок инструмента.

В итоге, в данном разделе были спроектирована развертка для обработки отверстия сапуна вентиляции перед процессом узловой сборки картера сцепления. Чертеж инструмента представлен в графической части ВКР.

## 4 Безопасность и экологичность технического объекта

### 4.1. Конструктивно-технологическая характеристика объекта

В анализе объекта представлены технологический процесс, технологические операции этого процесса, должность работника, участвующего в этом технологическом процессе, оборудование, на котором выполняется техпроцесс, а также материалы или вещества, обрабатываемые в ходе техпроцесса. Результат анализа систематизирован в таблице 3

Таблица 3 - Технологический паспорт объекта

№	Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс	Оборудование, устройство, приспособление	Материал, вещества
1	Сверление и Развертывание	сверлильная	Оператор обрабатывающего центра	Четырехосевой обрабатывающий центр с ЧПУ	металл, СОЖ
2	Резьбовое соединение	Резьбовая операция	оператор гайковерта	пневматический гайковерт «Инструм-Рэнд» QA6AALS055BP 35S08	металл
3	Прессования	прессовая операция	оператор пресса	Механизированный пресс	металл, сжатый воздух

В итоге были приведены основные группы веществ и материалов, которые будут участвовать в процессе узловой сборки картера сцепления и смежных с этим процессах.

## 4.2 Идентификация производственно-технологических и эксплуатационных профессиональных рисков

В разделе представлены занесены в таблицу 4 результаты идентификации производственных рисков, что включает в себя выбор вида производственных работ или технологической операции, выявление опасных или вредных факторов, которые проявляются в ходе технологической операции, а также источников этих факторов [15].

Таблица 4 – Идентификация профессиональных рисков

№	Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и /или вредный производственный фактор	Источник опасного и/или вредного производственного фактора
1	Сверлильная операция	движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования, передвигающиеся изделия заготовки; фиброгенное воздействие, повышенный уровень шума на рабочем месте, повышенный уровень вибраций, токсические раздражающие СОЖ	Четырех-осевой обрабатывающий центр с ЧПУ
2	Резьбовая операция	движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования, передвигающиеся изделия заготовки; повышенный уровень шума на рабочем месте, повышенный уровень вибраций	Пневмо-гайковерт «Инструмент Рэнд» QA6AALS055B P35S08
3	Прессовая операция	движущиеся машины и механизмы; подвижные части; резервуары со сжатым воздухом	механизированный пресс

В результате были структурированы опасные или вредные производственные факторы по их воздействию и по их источникам.

### 4.3 Методы и технические средства снижения профессиональных рисков.

В этом разделе выделены опасные или вредные производственные факторы, подобраны организационные методы и средства для снижения или устранения вредных или опасных факторов, и средства индивидуальной защиты, предотвращающие воздействие этих факторов.

Таблица 5 – Методы и средства снижения воздействия опасных и вредных производственных факторов

№	Опасный и / или вредный производственный фактор	Организационные методы и технические средства защиты, снижения, устранения опасного и / или вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника
1	Повышенная или пониженная температура поверхностей оборудования, материалов	Ограждение оборудования	Перчатки
2	Движущиеся машины и механизмы	Соблюдение правил безопасности	Каска защитная, очки защитные
3	Подвижные части производственного оборудования, передвигающиеся изделия и заготовки	Ограждение оборудования	Каска защитная, очки защитные
4	Фиброгенное воздействие (пыль и загазованность, абразивная стружка и металлическая пыль)	Применение приточно-вытяжной вентиляции	Респиратор
5	Токсические, раздражающие СОЖ	Применение приточно-вытяжной вентиляции, ограждение оборудования	Респиратор, перчатки

Продолжение таблицы 5

6	Повышенный уровень шума на рабочем месте, повышенный уровень вибраций	Наладка оборудования, увеличение жесткости оборудования для уменьшения резонансных колебаний	беруши, наушники
7	Резервуары со сжатым воздухом	Ограждение оборудования, соблюдение правил безопасности, регулярный технический осмотр и обслуживание	Каска защитная, очки защитные, перчатки

В результате, в таблице был приведен перечень основных методов снижения влияния профессиональных факторов, а именно – организационные методы, такие как установка ограждений, применение принудительной вентиляции, соблюдение правил безопасности и прочие, а также средства индивидуальной защиты (СИЗ), такие как защитные очки, респираторы, перчатки, каски, беруши и прочие.

#### 4.4 Разработка технических средств и организационных мероприятий по обеспечению пожарной безопасности технического объекта

В данном разделе представлен перечень средств и мероприятий для обеспечения пожарной безопасности объекта. Эти средства и мероприятия представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Технические средства обеспечения пожарной безопасности

Первичные средства пожаротушения	Огнетушители, внутренние пожарные краны, ящики с песком
Мобильные средства пожаротушения	Пожарные автомобили, пожарные лестницы
Стационарные установки системы пожаротушения	Оборудование для пенного пожаротушения
Средства пожарной автоматики	Приборы приемно-контрольные пожарные, технические средства оповещения и управления эвакуацией
Пожарное оборудование	Напорные пожарные рукава, рукавные разветвления
Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Веревки пожарные, карабины, респираторы, противогазы
Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Лампы, багры, топоры, лопаты, комплект диэлектрический
Пожарные сигнализации, связь и оповещение	Автоматические извещатели

В конце подраздела была получена таблица, в которой систематизированы средства пожарной безопасности, такие как первичные и мобильные средства пожаротушения, стационарные установки и системы пожаротушения, средства пожарной автоматики, пожарное оборудование, средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре, пожарный инструмент и системы связи.

#### 4.5 Организационные (организационно-технические) мероприятия по предотвращению пожара

В разделе представлены и занесены в таблицу 7 организационные мероприятия и требования пожарной безопасности, предотвращающие или снижающие вероятность возникновения пожара [13].

Таблица 7 – Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

Наименование технологического процесса, оборудования технического объекта	Наименование видов реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Сверлильная операция, операция развертывания	Контроль за правильной эксплуатацией оборудования, содержание его в исправном состоянии, проведение инструктажа по пожарной безопасности, применения автоматических устройств обнаружения, оповещения и тушения пожара	Проведение противопожарных инструктажей, запрет на курение и применение открытого огня в недозволенных местах, соблюдение мер пожарной безопасности при проведении огневых работ, применение средств пожаротушения. Применение пожарной сигнализации

В итоге, в данном подразделе представлен перечень мероприятий и требований по обеспечению пожарной безопасности для операций сверления и развертывания, так как остальные операции технологического процесса не являются пожароопасными.

## 4.6 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта

В данном разделе проведен анализ факторов технологического процесса, негативно влияющих на окружающую среду. Систематизированные данные занесены в таблицу 8.

Таблица 8 – Идентификация экологических факторов технического объекта

Наименование технического объекта, Технологического процесса	Структурные составляющие технического объекта, технологического процесса (производственного здания или сооружения по функциональному назначению, технологические операции, оборудование), энергетическая установка, транспортное средство и т.п.	Воздействие технического объекта на атмосферу (вредные и опасные выбросы в Окружающую среду)	Воздействие технического объекта на гидросферу (образующие сточные воды, забор воды из источников водоснабжения)	Воздействие технического объекта на литосферу (почву, растительный покров, недра); (образование отходов, Выемка плодородного слоя почвы, отчуждение земель, нарушение и загрязнение растительного покрова и т.д.)
Сверлильная операция, операция развертывания	Четырехосевой обрабатывающий центр с ЧПУ	пыль сальная	взвешенные вещества, нефтепродукты, СОЖ	основная часть отходов хранится в металлический контейнерах емкостью 1,0 м <sup>3</sup>

Результатом анализа стал перечень факторов, воздействующих на окружающую среду в следствие выполнения операций сверления и развертывания, так как только эти операции рассматриваемого технологического процесса оказывают прямое воздействие на окружающую среду.

Также разработаны мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия объекта на окружающую среду. Результат представлен в таблице 9.

Таблица 9 – Организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду

Наименование технического объекта	Сверление и развертывание
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	применение «сухих» механических пылеулавливателей
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу	переход предприятия на замкнутый цикл водоснабжения
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	соблюдение правил хранения, периодичности вывоза отходов на захоронение

В результате разработаны мероприятия, которые позволят уменьшить негативный вклад предприятия в окружающую среду.

## 5 Экономическая эффективность работы

В данном разделе будет оценена экономическая эффективность внедрения разработанного приспособления, сочетающего в себе зажимное устройство и пневматический пресс.

Для объективной оценки и масштабируемости эффекта от нововведения, следует рассчитывать эффективность внедрения приспособления в количестве одной штуки. Ожидается получение основного экономического эффекта за счет уменьшения технологического времени операции запрессовки сапуна в картер сцепления, в результате чего будут высвобождены производственные мощности на этой операции, которые могут уйти на повышение объема производства, или как в нашем случае – на предотвращение найма рабочего на эту должность, в результате чего будет достигнут экономический эффект за счет экономии фонда оплаты труда. Кроме этого, экономический эффект может быть достигнут за счет уменьшения доли брака на упомянутой операции за счет применения все того же механизированного приспособления, однако, расчет прибыли от изменения этого показателя из-за отсутствия статистики возможен только в удельной форме, то есть экономия за счет снижения каждого 1% брака.

Затратами же на внедрение нового метода производства являются капитальные вложения на покупку спроектированного приспособления, стоимость которого можно оценить в  $K = 204\,354$  рубля, если учитывать, что приобретались все составляющие его элементы. К периодическим затратам можно отнести затраты на обслуживание приспособления – примем их равными 5% от величины капитальных вложений:  $\Pi = 5\% \cdot 204\,354 = 10\,218$  рублей в год, тогда общие затраты на внедрение одной единицы оборудования составят 245 225 рублей за срок эксплуатации приспособления, который принимается равным 4 годам.

Исходя из данных открытых источников, примем, что средняя зарплата оператора сборки на производстве АО «АВТОВАЗ» составляет 51952 тыс.

рублей в месяц. При официальном трудоустройстве работника суммарная доля взносов работодателя в ФСС, ПФР и ФОМС составляет в 2025 году 30%. Экономическая эффективность может быть достигнута за счет предотвращения найма работников на эту должность при сохранении прежней загрузки уже имеющегося оператора сборки, составляющей  $K_3 = 60\%$ , и при общем росте эффективности операции сборки упомянутого узла [10].

Штучное время операции сборки картера сцепления при действующем варианте техпроцесса составляет  $T_{шт\_д} = 0,601$  мин., где 0,37 мин. занимает запрессовка сапуна и 0,231 мин. – завинчивание шаровой опоры – время на которое останется неизменным. В проектом варианте техпроцесса время запрессовки сапуна должно занимать 0,22 мин., и тогда штучное время сборки узла составит  $T_{шт\_пр} = 0,451$  мин. Годовой фонд рабочего времени в 2025 году составляет  $F = 1972$  часа = 118 320 минут.

Годовая зарплата рабочего составляет  $ЗП_{год} = 623\,424$  рубля. ФОТ оплатит на 30% больше этой суммы – 810 451 рубль. Тогда часовая ставка рабочего с учетом взносов будет найдена по формуле (23):

$$C_{час} = \frac{\Phi OT_{год}}{1972} \quad (23)$$

$$C_{час} = \frac{810451}{1972} = 411 \text{ руб/ч}$$

Экономия времени на операции сборки будет найдено по формуле (24):

$$\Delta t = N \cdot (t_{шт\_д} - t_{шт\_пр}) \quad (24)$$

$$\Delta t = 11400 \cdot (0,601 - 0,451) = 17100 \text{ мин} = 285 \text{ ч}$$

Тогда экономия фонда оплаты труда от внедрения одной единицы проектируемого приспособления будет найдена как произведение часовой ставки со взносами и сэкономленного времени и составит  $\mathcal{E}_{\text{ФОТ}} = 117\,135$  рублей ежегодно или 468 540 рублей

Экономический эффект за счет снижения доли брака будет найден как произведение количества бракованных узлов и некоторой доли от себестоимости, которая считается безвозвратно потерянной, как правило это затраты на механическую обработку, так как непригодная деталь отправится на переплавку. Поэтому примем, что доля безвозвратных потерь составит 50% от себестоимости узла, равной  $C = 4000$  руб. на этапе сборки. Тогда экономия от снижения доли брака на каждый 1% рассчитывается по формуле (25):

$$\mathcal{E}_B = N \cdot \Delta B \cdot C \cdot \Delta C \quad (25)$$

$$\mathcal{E}_B = 114000 \cdot 0,01 \cdot 4000 \cdot 0,5 = 2\,280\,000 \text{ руб}$$

Чистая прибыль за 4 года работы одной единицы приспособления будет найдена как разность экономического эффекта от экономии ФОТ и от снижения доли брака и затрат на внедрение спроектированного приспособления и составит  $\mathcal{E}_\text{ч} = 9\,343\,315$  рублей.

В итоге, по результатам расчетов можно судить, что внедрение приспособления целесообразно, а экономический эффект положительный.

## Заключение

В ходе выполнения работы был рассмотрен процесс узловой сборки картера сцепления автомобилей «LADA».

Сначала был произведен анализ исходных данных, таких как конструкция деталей, участвующих в сборке, условия сборки и оборудование, с помощью которого она осуществляется.

Затем были выполнены расчеты припусков на предшествующие сборке этапы механической обработки, вычислены оптимальные режимы резания, рассчитаны допустимые усилия при сборке.

После этого было выполнено проектирование механизированного зажимного приспособления для фиксации картера сцепления и запрессовки сапуна вентиляции и машинной развертки для высокопроизводительной обработки отверстия под сапун вентиляции.

После проектирования специальной оснастки была выполнена оценка безопасности рассматриваемого технологического процесса. В результате были систематизированы и занесены в таблицы сопутствующие факторы, что представлено в соответствующем разделе.

Заключительным этапом стал расчет экономического эффекта от рассматриваемых в работе новшеств, который подтвердил рентабельность описываемых нововведений.

## Список используемой литературы

1. Воронов, Д.Ю. Разработка сборочных технологических процессов: учеб.-метод. пособие / Д.Ю. Воронов, А.В. Щипанов. – Тольятти: Изд-во ТГУ, 2017. – 140 с.

2. Горина, Л. Н. Промышленная безопасность и производственный контроль [Электронный ресурс] : электрон. учеб. пособие / Л. Н. Горина, М. И. Фесина, Т. Ю. Фрезе ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Управление пром. и экол. безопасностью". - Тольятти : ТГУ, 2014. - 271 с. URL: <https://dspace.tltsu.ru/bitstream/123456789/36/1/Gorina%201-20-13%20-%20eui.pdf> (дата обращения: 18.04.2025).

3. Колесов, И.М. Основы технологии машиностроения: учебник для вузов / И.М. Колесов. – Изд. 3-е, стер. – Москва: Высшая школа, 2001. - 591 с.

4. Краснопевцева, И. В. Экономика и управление машиностроительным производством [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. пособие / И. В. Краснопевцева, Н. В. Зубкова ; ТГУ ; Ин-т финансов, экономики и управления; каф. "Торговое дело и управление производством". - Тольятти : ТГУ, 2014. 183 с. URL: [https://dspace.tltsu.ru/bitstream/123456789/13/1/Krasnopevtseva\\_EUMP.pdf](https://dspace.tltsu.ru/bitstream/123456789/13/1/Krasnopevtseva_EUMP.pdf) (дата обращения: 05.03.2025).

5. Михайлов, А.В. Основы проектирования технологических процессов механосборочного производства: учеб. пособие / А.В. Михайлов, Д.А. Расторгуев, А.Г. Схиртладзе. – Тольятти: ТГУ, 2004. - 267 с.

6. Митряев, К.Ф. Проектирование режущего инструмента. Кинематический анализ станка [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. пособие / К. Ф. Митряев, М.Б. Сазонов, Д.Л. Скуратов ; Самар. гос. аэрокосм. ун-т. Самара, 2000, 53 с. URL: <https://repo.ssau.ru/bitstream/Methodicheskie-ukazaniya/Proektirovanie-rezhushhego-instrumenta-Kinematicheskii-analiz-metallorazreshhego-stanka-Elektronnyi-resurs-metod-ukazaniya-k-kurs-rabote-53544/1/%D0%9C%D0%B8%D1%82%D1%80%D1%8F%D0%B5%D0%B2%20>

%D0%9A.%D0%A4.%20%D0%9F%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5%20%D1%80%D0%B5%D0%B6%D1%83%D1%89%D0%B5%D0%B3%D0%BE...pdf (дата обращения: 01.03.2025).

7. Павлов, С. И. Основы технологии сборки механических узлов. М. : Машиностроение, 2019. 98 с.

8. Сборка в машиностроении: электронное учебно-методическое пособие / Д.А. Расторгуев. – Тольятти: Издательство ТГУ, 2021. – 1 оптический диск. – ISBN 978-5-8259-1567-8.

9. Солонин, И.С. Расчёт сборочных и технологических процессов: учеб.-метод. пособие / Д.Ю. Воронов, А.В. Щипанов. – Тольятти: Изд-во ТГУ, 2017. – 140 с.

10. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 2 / под ред. А.М. Дальского, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова, А.Г. Сулова. – 5-е изд., испр. – Москва: Машиностроение-1, 2003. – 941 с.

11. Станочные приспособления : справочник. В 2 т. Т. 2 / В.А. Блюмберг, А.И. Астахов, В.П. Близнюк, С.В. Бояршинов ; под ред. Б.Н. Вардашкина, А.А. Шатилова, В.В. Данилевского. – Москва : Машиностроение, 1984. – 656 с.

12. Сторожев, В. А. Методические указания по курсу "Технология машиностроения". М. : МГТУ им. Баумана, 2020. 176 с.

13. Табачников, И. З. Универсально-сборные приспособления / И. З. Табачников, В. И. Ермилов, В. М. Фрейдензон. – Харьков : Прапор, 1965. – 70 с.

14. Тлюстый, Г. Технология режущего инструмента: промышленный справочник. М. : Springer, 2020. 415 с.

15. Федоров, П. М. Охрана труда [Электронный ресурс] : практ. пособие / П. М. Федоров. - 2-е изд. - Москва : РИОР : ИНФРА-М , 2017. - 137 с. URL: <https://naukaru.ru/ru/storage/download/78068> (дата обращения: 13.04.2025).

16. Design for Manufacturing and Assembly: A Method for Rules Classification [Электронный ресурс]. URL:

[https://www.researchgate.net/publication/351040727\\_Design\\_for\\_Manufacturing\\_and\\_Assembly\\_A\\_Method\\_for\\_Rules\\_Classification](https://www.researchgate.net/publication/351040727_Design_for_Manufacturing_and_Assembly_A_Method_for_Rules_Classification) (дата обращения: 23.02.2025).

17. Design for manufacturing and assembly methods in the product development process of mechanical products: a systematic literature review [Электронный ресурс]. URL: <https://d-nb.info/1262633354/34> (дата обращения: 17.03.2025).

18. Mechanical Engineers' Handbook, Materials and Engineering Mechanics [Электронный ресурс]. URL: <https://iem.ca/pdf/resources/Mechanical%20Engineers'%20Handbook,%20Materials%20and%20Engineering%20Mechanics.pdf> (дата обращения: 20.03.2025).

19. Redesign methodology for mechanical assembly [Электронный ресурс]. URL: [https://www.researchgate.net/publication/315936397\\_Redesign\\_methodology\\_for\\_mechanical\\_assembly](https://www.researchgate.net/publication/315936397_Redesign_methodology_for_mechanical_assembly) (дата обращения: 27.04.2025).

20. Studienplaene TUHH: Mechanical Engineering and Production Management [Электронный ресурс]. URL: [https://studienplaene.tuhh.de/po/MB/mhb\\_IMPMEM\\_kh\\_w16\\_von\\_20170531\\_v\\_0\\_en.pdf](https://studienplaene.tuhh.de/po/MB/mhb_IMPMEM_kh_w16_von_20170531_v_0_en.pdf) (дата обращения: 24.04.2025).