

**Министерство сельского хозяйства РФ  
Департамент научно-технологической политики и образования  
ФГБОУ ВО Казанский государственный аграрный университет  
Институт механизации и технического сервиса**

Направление: 35.03.06 «Агроинженерия»

Профиль: «Технический сервис в АПК»

Кафедра: «Тракторы, автомобили и энергетические установки»

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА  
на соискание степени «бакалавр»**

**Тема: «Проект участка по ремонту силовых агрегатов с разработкой  
стенда для балансировки коленчатых валов»**

Шифр      СБКВ 18.13.00 ПЗ

|              |                     |         |                      |
|--------------|---------------------|---------|----------------------|
| Студент      | <u>2441с группа</u> | _____   | <u>Кириллов А.А.</u> |
|              |                     | подпись | Ф.И.О.               |
| Руководитель | <u>профессор</u>    | _____   | <u>Хафизов К.А.</u>  |
|              |                     | подпись | Ф.И.О.               |

Обсужден на заседании кафедры и допущен к защите  
(Протокол №\_6\_ от \_12 февраля\_ 2018 г.)

|               |                  |         |                     |
|---------------|------------------|---------|---------------------|
| Зав. кафедрой | <u>профессор</u> | _____   | <u>Хафизов К.А.</u> |
|               | ученое звание    | подпись | Ф.И.О.              |

**Казань – 2018 г.**

**Министерство сельского хозяйства РФ  
Департамент научно-технологической политики и образования  
ФГБОУ ВО Казанский государственный аграрный университет  
Институт механизации и технического сервиса**

Направление: 35.03.06 «Агроинженерия»

Профиль: «Технический сервис в АПК»

Кафедра: «Тракторы, автомобили и энергетические установки»

Утверждаю  
Зав. кафедрой  
\_\_\_\_\_/Хафизов К.А./  
\_\_\_\_\_2018 г.

**ЗАДАНИЕ  
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ**

Студенту: Кириллову Андрею Александровичу

Тема: «Проект участка по ремонту силовых агрегатов с разработкой  
стенда для балансировки коленчатых валов»

Утверждена приказом по университету от 12 января 2018 г. № 11

2. Срок сдачи студентом законченного ВКР \_\_\_\_\_06.02.2018\_\_

3. Исходные данные к ВКР: Материалы, собранные в период преддипломной практики по данной теме, а также новые технические решения (анализ существующих конструкций, патенты, статьи и др.).

**4. Перечень подлежащих разработке вопросов:**

1. Аналитическая часть; 2. Технологическая часть; 3. Конструкторская часть;  
4. Безопасность жизнедеятельности и охрана труда; 5. Экономическое обоснование конструкции.

**5. Перечень графического материала (с указанием обязательных чертежей).**

Лист 1 – Анализ существующих конструкций; Лист 2 Участок ремонта силовых агрегатов; Лист 3, 4 – Стенд для балансировки коленчатых валов; Лист 5 – Сборочный чертеж и деталировка; Лист 6 – Техничко-экономические показатели конструкции.

**6. Консультанты по ВКР с указанием соответствующих разделов**

| Раздел                | Консультант    |
|-----------------------|----------------|
| Конструкторская часть | Пикмуллин Г.В. |

7. Дата выдачи задания \_\_\_\_\_08.12.2017\_\_\_\_\_

### КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

| № п/п | Наименование этапов дипломного проектирования | Срок выполнения | Примечание |
|-------|---|-----------------|------------|
| 1     | Аналитическая часть                           | 09.01.18        |            |
| 2     | Технологическая часть                         | 15.01.18        |            |
| 3     | Конструкторская часть                         | 22.01.18        |            |
| 4     | Безопасность жизнедеятельности и охрана труда | 29.01.18        |            |
| 5     | Экономическое обоснование конструкции         | 05.02.18        |            |

Студент \_\_\_\_\_ (Кириллов А.А.)

Руководитель ВКР \_\_\_\_\_ (Хафизов К.А.)

## **АННОТАЦИЯ**

Выпускная квалификационная работа состоит из пояснительной записки на 64 листах компьютерного текста и графической части на 6 листах формата А1.

Записка состоит из введения, пяти разделов, выводов и включает 3 рисунков, 17 таблиц, приложения и спецификация. Список использованной литературы содержит 22 наименования.

В первом разделе приводятся виды уравнивания вращающихся масс, а также приведен анализ существующих конструкций стэнда для балансировки коленчатых валов.

Во втором разделе произведено проектирование участка ремонта силовых агрегатов, а также расчет и выбор основного производственного оборудования для участка.

В третьем разделе разработан стэнд для балансировки коленчатых валов, произведены необходимые расчеты деталей и узлов конструкции.

В четвертом разделе разработаны мероприятия по обеспечению безопасности выполнения операций технологического процесса балансировки коленчатого вала. Предусмотрены мероприятия по улучшению экологии окружающей среды.

В пятом разделе приведено экономическое обоснование конструкции.

Записка завершается выводами и предложениями (рекомендациями) для производства на основе своих разработок, представленными в пятом разделе.

## **ABSTRACT**

The final qualification work consists of an explanatory note on 64 pages of computer text and a graphic part on 6 sheets of the A1 format.

The note consists of an introduction, five sections, conclusions and includes 3 figures, 17 tables, annexes and a specification. The list of used literature contains 22 names.

The first section provides types of balancing of rotating masses, as well as an analysis of existing stand structures for balancing crankshafts.

In the second section, the site for the repair of power units has been designed, as well as the calculation and selection of the main production equipment for the site.

In the third section, a bench for balancing crankshafts has been designed, the necessary calculations of the parts and components of the structure have been made.

In the fourth section, measures were developed to ensure the safety of the operations of the technological process of balancing the crankshaft. Measures are being taken to improve the ecology of the environment.

The fifth section gives an economic justification for the design.

The note concludes with conclusions and suggestions (recommendations) for production on the basis of their developments, presented in the fifth section.

## СОДЕРЖАНИЕ

|   |    |
|---|----|
| ВВЕДЕНИЕ.....   | 8  |
| 1. АНАЛИТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....   | 9  |
| 1.1 Виды уравновешивания вращающихся масс.....  | 9  |
| 1.2 Динамическая балансировка коленчатого вала .....  | 9  |
| 1.3 Обзор существующих конструкций стенда.....  | 14 |
| 2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....  | 25 |
| 2.1 Исходные данные для расчета.....  | 25 |
| 2.2 Корректирование нормативных значений .....  | 26 |
| 2.3 Расчет трудоемкости ТО и ТР .....   | 28 |
| 2.4 Расчет численности ремонтно-обслуживающих рабочих и<br>распределение их по специальностям.....  | 29 |
| 2.5 Технологическое проектирование зон ТО и ТР.....   | 31 |
| 2.6 Расчет площади участка ремонта силовых агрегатов.....   | 34 |
| 3 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ .....   | 35 |
| 3.1 Выбор прототипа стенда .....  | 35 |
| 3.2 Расчёт мощностных и скоростных характеристик привода<br>балансировочного станка.....  | 36 |
| 3.3 Расчёт цилиндрической передачи .....  | 38 |
| 3.4 Расчёт валов.....   | 41 |
| 3.5 Выбор подшипников.....  | 44 |
| 4 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ОХРАНА ТРУДА.....  | 45 |
| 4.1 Разработка мероприятий по обеспечению безопасности выполнения<br>операций технологического процесса балансировки коленчатого вала.... | 45 |
| 4.2 Анализ опасных и вредных производственных факторов.....   | 45 |
| 4.3 Мероприятия улучшению и защите окружающей среды .....   | 47 |
| 4.4 Физическая культура на производстве.....  | 47 |

|   |    |
|---|----|
| 5 ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ.....                        | 54 |
| 5.1 Технико-экономическая оценка конструкторской<br>разработки..... | 54 |
| ВЫВОДЫ.....   | 59 |
| СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ .....                                | 60 |
| СПЕЦИФИКАЦИЯ.....   | 62 |

## **ВВЕДЕНИЕ**

Одним из важнейших направлений в развитии транспортной отрасли является повсеместное, рациональное использование сырьевых, топливно-энергетических и других материальных ресурсов. Усиление работы в этом направлении рассматривается как неотъемлемая часть экономической стратегии, крупнейший рычаг повышения эффективности производства во всех звеньях транспортного хозяйства.

Одним из самых крупных резервов экономии и бережливости выступает восстановление изношенных деталей. Восстановление изношенных деталей машин обеспечивает экономию высококачественного материала, топлива, энергетических и трудовых ресурсов.

Для восстановления трудоспособности изношенных деталей требуется в 5–8 раз меньше технологических операций по сравнению с изготовлением новых деталей.

Основа повышения качества – применение передовых технологий восстановления деталей.

При восстановлении одноосных деталей автомобиля возникает необходимость изыскания новых, более прогрессивных способов восстановления, которые смогли бы повысить ресурс деталей при сравнительно низких затратах.

**Целью и задачей** является проектирование участка по ремонту силовых агрегатов, подобрать технологическое оборудование для участка, сконструировать установку для балансировки коленчатых валов.

## 1 АНАЛИТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 1.1 Виды уравнивания вращающихся масс

Любое вращающееся вокруг неподвижной оси звено называется ротором (рабочее колесо турбины, якорь электродвигателя, коленчатый вал, барабан). Силы инерции, возникающие во вращающемся роторе, вследствие неточности его изготовления, неоднородности материала и нарушения симметричности распределения масс, создают неуравновешенность. Устранение такой неуравновешенности, когда неизвестно положение центра тяжести, называется балансировкой роторов. В этом случае возможна статическая и динамическая неуравновешенность [2,12].

Звено, вращающееся вокруг неподвижной оси, проходящей через центр тяжести звена, называется *статически уравновешенным*. Если такое звено повернуть относительно оси на любой угол, то оно будет оставаться в таком положении до тех пор, пока к нему не будет приложена какая-либо сила.

При *полном уравнивании* устраняется смещение центра тяжести звена с оси вращения, а также поворот его главной центральной оси инерции по отношению к оси вращения, так чтобы было достигнуто совмещение главной центральной оси инерции звена с осью его вращения.

Из теоретической механики известно, что центробежные моменты инерции обращаются в нуль тогда, когда оси инерции являются главными осями инерции.

Можно сказать, что полное уравнивание полагает *статическую* и *динамическую* балансировку. Под динамической балансировкой будем понимать достижение условия  $M_u = 0$ , то есть устранение влияния динамических моментов.

### 1.2 Динамическая балансировка коленчатого вала

Неуравновешенность (дисбаланс) вращающихся частей является одним из факторов, лимитирующих надежность и долговечность автотракторных двигателей в эксплуатации. Неуравновешенность – это

негативное состояние детали, узла, соединения, характеризующееся таким распределением масс, которое вызывает переменные нагрузки на опоры, повышенный износ и вибрацию, способствует быстрой утомляемости водителя. В ряде случаев, несбалансированность нагрузок вызывает накопление усталостных трещин в шейках коленчатого вала, приводящих к аварийному разрушению [2].

Дисбаланс изделия – величина векторная, равная произведению локальной неуравновешенной массы  $m$  на расстояние (радиус) ее расположения от оси этого изделия  $r$ , т.е.  $D = m r$ .

Дисбаланс возникает в процессе изготовления (восстановления) деталей, сборки узлов и агрегатов и изменяет свое количественное значение в процессе эксплуатации и ремонта.

В зависимости от взаимного расположения геометрической оси изделия и его центральной оси инерции различают три вида неуравновешенности: статическую, моментную и динамическую. Коленчатым валам автотракторных двигателей свойственны два последних вида. При *моментной* неуравновешенности геометрическая ось изделия (заданная при изготовлении) и его центральная ось инерции пересекаются в центре масс (центре тяжести изделия). Данная неуравновешенность не является сложной при устранении и определяется двумя равными по значению разнонаправленными векторами дисбалансов  $D_{m1}$  и  $D_{m2}$  в двух произвольных плоскостях, создающими момент дисбаланса  $M$  [15].

Моментная неуравновешенность является частным случаем более общей и более сложной с точки зрения устранения – *динамической* неуравновешенности, при которой ось изделия (ОВ) и его центральная ось инерции (ОИ) пересекаются не в центре масс. Присуща она длинномерным вращающимся деталям типа «вал», состоит из статической и моментной неуравновешенности и определяется главным образом главным вектором дисбалансов  $D_{cm}$  и главным моментом дисбалансов  $M$  или двумя приведенными векторами дисбалансов (в общем случае разных по значению

и непараллельных), лежащих в двух произвольных плоскостях (динамический дисбаланс).

*Дисбаланс* изделия характеризуется **числовым значением** (в г·мм или г·см) и **углом дисбаланса** (в градусах) в системе координат, связанных с осью изделия [16,17].

Приведение изделий, обладающих неуравновешенностью, в уравновешенное состояние осуществляется их балансировкой, т.е. определением (обнаружением на специальном стенде) величины и угла дисбаланса и устранением (уменьшением) его путем удаления массы в определенных точках. При динамической балансировке устраняется (уменьшается) как статическая так и моментная неуравновешенность и изделие становится полностью сбалансированным, при этом  $D_{cm} \approx 0$  и  $M \approx 0$  и центральная ось инерции совпадает с осью вращения изделия.

В процессе эксплуатации автотракторных двигателей происходит некоторое увеличение дисбаланса деталей, узлов, агрегатов вследствие появления неравномерных износов рабочих поверхностей, деформаций, смещения сопряженных деталей в узлах относительно оси вращения, образования повышенных зазоров в соединениях. Наибольшее увеличение дисбаланса происходит в процессе ремонтных воздействий. Ведь если после заводской конвейерной сборки и балансировки изделие доводится до кондиции, то при ремонте происходит:

**а) перекомплектование деталей** (не редко с прежним, но шлифованным валом, заказчик просит установить новую корзину сцепления не рычажного, а диафрагменного типа; в другом случае – клиент не желает далее шлифовать изношенные шейки коленчатого вала, приобретая новый, оставляя недавно установленные, но уже работавшие маховик и корзину сцепления и т.д.), в результате чего иное сочетание вращающихся в едином комплекте деталей дает смещение и центра масс и, что более серьезно, сложение сонаправленных векторов дисбалансов, привнесенных в этот комплект;

**в) возникновение деформаций** при механической и термической обработке;

**б) неточности сборки и смещение осей** одних деталей относительно других из-за изношенности отверстий (например, корзины сцепления).

В результате проведения научно-производственной работы в направлении повышения надежности, долговечности, ресурса автотракторных двигателей, были проанализированы результаты входного контроля коленчатых валов, поступающего ремонтного фонда. Так, например, статистические данные ряда автосервисов за последние 3–5 лет по величине дисбаланса коленчатых валов двигателей ЗМЗ-402, ЗМЗ-406, поступивших в капитальный ремонт, говорят о существенно возросшей неуравновешенности в процессе эксплуатации, выходящей за пределы допуска (либо уже существовавшей в виду некондиционности изделий, устанавливаемых в частных нелицензированных автомастерских).

При допустимом значении не более 300 г·мм 93...96 % валов требуют балансировки.

В этой связи, обращает на себя внимание вторая категория коленчатых валов, используемых при ремонте в тех же автосервисах, – это новые валы, лежащие на прилавках магазинов запасных частей, оптовых базах и др. По многим параметрам (диаметры коренных и шатунных шеек, изгиб по центральной шейке, биение фланцев и др.) эти валы укладываются в допустимые пределы. Все эти геометрические размеры легко контролируются доступными всем измерительными инструментами. Иначе обстоит дело со скрытым дисбалансом, обнаружить который можно только на специализированном стенде. Так вот по критерию «дисбаланс» достаточно большая выборка новых изделий не соответствует установленным требованиям. Порядка 90 % коленчатых валов, приобретенных в розничной сети заказчиками, требуют дополнительной балансировки – это уже вопрос к заводам-изготовителям. Тот факт, что коленчатый вал, устанавливаемый в двигатель, будет в комплекте с маховиком и корзиной сцепления, и с ними

же будет в последствии тщательно отбалансирован опытными мастерами не может служить оправданием столь варварскому отношению к качеству изготовления одной из ответственных, дорогостоящих и ресурсопределяющих деталей ДВС, каким является коленчатый вал.

Таким образом, шлифованные или новые валы и тем более в новой комплектации на завершающем этапе ремонта необходимо обязательно балансировать. Ремонтные предприятия, автосервисы, автомастерские, занимающиеся по своему профилю капитальным ремонтном автотракторных двигателей обязаны иметь в перечне технологического оборудования и активно использовать стенды для динамической балансировки коленчатых валов, либо за неимением подобного дорогостоящего оборудования при небольших объемах производства пользоваться услугами по балансировке смежных производств [16].

Для динамической балансировки коленчатых валов отдельно и в сборе с маховиком и сцеплением целесообразно использовать балансировочные станки марок КИ-4274, БМ-У4 и др. Перед началом работы согласно инструкции станок подлежит метрологической поверке два раза в год с использованием эталонного ротора и калибровочного грузика, создающего при его установке оператором то в левой, то в правой плоскостях контроля определенную величину дисбаланса (3000 г·мм). При необходимости выполняется тарировка показаний электронного блока для получения в последующей работе достоверных результатов.

После подбора из комплекта сменных неметаллических вкладышей, например, из текстолита, винипласта, металлофторопластовой ленты и др., соответствующих типу вала и диаметру его коренных шеек, проводится контроль одного вала, затем с маховиком и корзиной сцепления. В случаях возможности установки на коленчатом валу маховика и корзины сцепления относительно друг друга в разных положениях (ВАЗ, ГАЗ, Мерседес-Бенц и др.) пробуются все возможные варианты. Лишь только найдя положение

деталей с наименьшим дисбалансом, производится удаление неуравновешенной массы.

Наиболее часто в производственной практике выполняется высверливание металла либо в противовесах коленчатого вала, либо на нерабочей части маховика, обладающего большим запасом металла с целью уравнивания всей вращающейся системы.

Путем периодических включений станка и высверливаний металла по указанному электроникой углу оператор добивается минимизации дисбаланса, не превышающего допустимых нормативных значений. Далее уравнишенный комплект маркированных деталей готов к укладке в блок .

### **1.3 Обзор существующих конструкций станда**

**RU 2 147 733 C1 G 01 M 1/38**

**Описание изобретения к патенту российской федерации**

Заявка: 99118449/28, 31.08.1999

Дата начала действия патента: 31.08.1999

Дата публикации: 20.04.2000

Ссылки: SU 1232971 A, 23.05.1986. SU 1195204, 30.11.85. RU 2068990, 10.11.1996. RU 2085847 C1, 27.07.1997. US 4495812 A, 29.01.1985. DE 3005423 A1, 20.08.1981. FR 2517428 A1, 03.06.1983.

Адрес для переписки: 125252, Москва, ул. Алабяна, 15, кв.132, Сербину В.И.

Заявитель: Сербин Владимир Иванович

Изобретатель: Корчагин А.В., Сербин В.И.

Патентообладатель: Корчагин Александр Васильевич, Сербин Владимир Иванович

**Устройство для балансировки объекта**

Реферат:

Изобретение относится к балансировочной технике и может быть использовано при балансировки роторов, валов, колес, турбин и других

объектов, требующих балансировки. Устройство включает корпус, размещенные в нем вал, взаимодействующий с приводом, установленный своими концами в подшипниках вращения с возможностью смещения относительно оси вала и состоящий из двух частей, расположенных по обе стороны объекта, центрирующие механизмы, расположенные с вышеназванных сторон объекта, и средство фиксации отбалансированного положения объекта. Устройство дополнительно содержит средство измерения дисбаланса. Концы вала выполнены в виде части сфер. Подшипники вращения снабжены механизмами возврата вала в исходное положение. Каждый центрирующий механизм содержит два взаимно перпендикулярных друг другу ходовых винта с грузами, установленными на них с возможностью перемещения вдоль винтов, четыре ролика, кинематически связанные с концами винтов, и центрирующее кольцо, укрепленное коаксиально валу на корпусе и имеющее с внешней стороны на уровне роликов профилированную поверхность. Ролики установлены с зазором относительно центрирующих колец. В результате упрощается балансировка и повышается ее точность.

Изобретение относится к балансировочной технике и может быть использовано при балансировке роторов, валов, колес, турбин и других объектов, требующих балансировки.

Известно балансирующее устройство роторов при вращении, содержащее систему измерения дисбаланса и управления процессом балансировки, связанный с ней блок расплавления проволоки, выполненный в виде двух дисков с зажимами по периферии, обращенных друг к другу торцевыми поверхностями, а их оси вращения параллельны, и привода дисков во вращение [Авторское свидетельство СССР N 1195204, кл. G 01 M 1/38, от 1984 г.].

Устройство также содержит установленные на одном из дисков два электрически изолированных, токоподводящих коаксиальных кольца, с которыми через один связаны зажимы того же диска, соединенные с

системой измерения дисбаланса и управления процессом балансировки два датчика и взаимодействующих с ними, установленные соосно диску с кольцами и жестко связанные с последним делительный диск с отверстиями, число которых равно числу зажимов этого диска. Привод дисков выполнен в виде ременной передачи и связанного с ней и с системой измерения дисбаланса и управления процессом балансировки регулируемого двигателя постоянного тока.

Однако известное устройство имеет следующие недостатки:

- балансируемый ротор должен быть полым, что ограничивает область применения известного устройства;
- ни на все материалы возможно нанесение и надежное сцепление с ними расплавленных капель металла.

Наиболее близким техническим решением к предложенному является балансирующее устройство объекта (роторов), включающее корпус, размещенные в нем вал, взаимодействующий с приводом, установленный своими концами в подшипниках вращения с возможностью смещения относительно оси вала и состоящий из двух частей, расположенных по обе стороны объекта, центрирующие механизмы, расположенные с вышеназванных сторон объекта, и средство фиксации отбалансированного положения объекта [Авторское свидетельство СССР N 1232971, кл. G 01 M 1/38, от 1984 г.].

Балансировка ротора осуществляется на критических частотах вращения. При этом ось инерции ротора смещается с осью вращения и фиксируется самоотвердевающей жидкостью (в качестве которой может быть использована эпоксидная смола с наполнителем - средство фиксации отбалансированного положения объекта).

Недостатком известного устройства является возникающая асимметрия внешней геометрической поверхности балансируемого ротора относительно оси вращения, что во многих случаях недопустимо, например,

при балансировки ротора электродвигателя, центробежного насоса, колес качения и т.п.

Задачами, решаемыми в настоящем изобретении, является создание универсального балансирующего устройства, обладающего высокой точностью балансировки и простотой его использования.

Поставленные задачи решаются тем, что балансирующее устройство объекта, включающее корпус, размещенные в нем вал, взаимодействующий с приводом, установленный своими концами в подшипниках вращения с возможностью смещения относительно оси вала и состоящий из двух частей, расположенных по обе стороны объекта, центрирующие механизмы, расположенные с вышеназванных сторон объекта, и средство фиксации отбалансированного положения объекта, дополнительно содержит средство измерения дисбаланса. В устройстве концы вала выполнены в виде части сфер, а подшипники вращения снабжены механизмами возврата вала в исходное положение. Каждый центрирующий механизм содержит два взаимно перпендикулярных друг другу ходовых винта с грузами, установленными на них с возможностью перемещения вдоль винтов, четыре ролика, кинематически связанные с концами винтов, и центрирующее кольцо, укрепленное коаксиально валу на корпусе и имеющее с внешней стороны на уровне роликов профилированную поверхность, при этом ролики установлены с зазором относительно центрирующих колец.

Предпочтительно центрирующие механизмы снабдить кожухами, а средство измерения дисбаланса выполнить в виде шкал, нанесенных вдоль ходовых винтов на поверхность кожухов и грузов винтов.

Целесообразно механизм возврата вала в исходное положение верхнего конца вала выполнить в виде центрирующего стакана, один конец которого укреплен на подшипнике и другой конец установлен в стенке корпуса и имеет с внешней стороны на уровне стенки корпуса кольцо в виде части сферы, пружины, расположенной в стакане, и заглушки, укрепленной на корпусе коаксиально стакану с внешней его стороны.

Целесообразно механизм возврата вала в исходное положение нижнего конца вала выполнить в виде другого центрирующего стакана, имеющего с внешней стороны три кольца в виде части тора, пружины, расположенной в стакане, заглушки, укрепленной на корпусе коаксиально стакану с внешней его стороны, верхней и нижней шайб, установленных коаксиально стакану между подшипником и стенкой корпуса, и сепаратора, установленного коаксиально стакану между шайбами и выполненного в виде кольца с отверстиями, в которых расположены шарики, при этом центрирующий стакан своими кольцами контактирует соответственно с верхней шайбой, сепаратором и нижней шайбой.

После повторного включения и останова по шкалам средства измерения дисбаланса контролируют погрешность устранения дисбаланса и при необходимости его корректируют.

### **Формула изобретения**

**1.** Устройство для балансировки объекта, включающее корпус, размещенные в нем вал, взаимодействующий с приводом, установленный своими концами в подшипниках вращения возможностью смещения относительно оси вала и состоящий из двух частей, расположенных по обе стороны объекта, центрирующие механизмы, расположенные с вышеназванных сторон объекта, и средство фиксации отбалансированного положения объекта, отличающееся тем, что устройство дополнительно содержит средство измерения дисбаланса, концы вала выполнены в виде части сфер, подшипники вращения снабжены механизмами возврата вала в исходное положение, а каждый центрирующий механизм содержит два взаимно перпендикулярных друг другу ходовых винта с грузами, установленными на них с возможностью перемещения вдоль винтов, четыре ролика

**2.** Устройство для балансировки объекта по п.1, отличающееся тем, что центрирующие механизмы снабжены кожухами, а средство измерения

дисбаланса выполнено в виде шкал, нанесенных вдоль ходовых винтов на поверхность кожухов и грузов винтов.

**3.** Устройство для балансировки объекта по п.1, отличающееся тем, что средство фиксации отбалансированного положения объекта выполнено в виде двух пар балансировочных колец со смещенными центрами масс, установленных коаксиально с двух вышеназванных сторон объекта и зафиксированных на объекте винтами.

**4.** Устройство для балансировки объекта по п.1, отличающееся тем, что механизм возврата в исходное положение верхнего конца вала выполнен в виде центрирующего стакана, один конец которого укреплен на подшипнике и другой конец установлен в стенке корпуса и имеет с внешней стороны на уровне стенки корпуса кольцо в виде части сферы, пружины, расположенной в стакане, и заглушки, укрепленной на корпусе коаксиально стакану с внешней его стороны, а механизм возврата в исходное положение нижнего конца вала выполнен в виде другого центрирующего стакана, имеющего с внешней стороны три кольца в виде части тора, пружины, расположенной в стакане, заглушки, укрепленной на корпусе коаксиально стакану с внешней его стороны, верхней и нижней шайб, установленных коаксиально стакану между подшипником и стенкой корпуса, и сепаратора, установленного коаксиально стакану между шайбами и выполненного в виде кольца с отверстиями, в которых расположены шарики, при этом центрирующий стакан своими кольцами контактирует соответственно с верхней шайбой, сепаратором и нижней шайбой.

**5.** Устройство для балансировки объекта по п.1, отличающееся тем, что профилированная поверхность центрирующих колец выполнена конической, или тороидальной, или сферической, или параболической, или гиперболической.

**RU 2 148 806 C1 G 01 M 1/38, F 16 F 15/32**

**Описание изобретения к патенту российской федерации**

Заявка: 98113370/28, 06.07.1998

Дата начала действия патента: 06.07.1998

Дата публикации: 10.05.2000

Ссылки: SU 468123 А, 21.05.1975. SU 561446 А, 16.05.1978. DT 2137901 В2, 01.09.1977. DE 3844031 А1, 06.07.1989.

Адрес для переписки: 432027, г.Ульяновск, ул. Северный Венец 32, Ульяновский государственный технический университет, проректору по НИР

Заявитель: Ульяновский государственный технический университет

Изобретатель: Белый Д.М.

Патентообладатель: Ульяновский государственный технический университет

### **Устройство для автоматической балансировки вращающихся тел**

Изобретение относится к балансировочной технике и может быть использовано для автоматической балансировки вращающихся изделий в процессе их работы. Устройство содержит втулку, закрепленную на валу балансируемого тела, и два кольца с эксцентричными массами, установленные по посадке с зазором на внешней поверхности втулки с возможностью поворота вокруг своей оси, при этом одна из диаметральных половин внутренней цилиндрической поверхности каждого кольца выполнена со значительным коэффициентом трения скольжения, превышающим коэффициент трения скольжения другой половины кольца, а эксцентрична масса установлена на внешней поверхности каждого кольца в области границы раздела поверхностей с различными коэффициентами трения. В результате увеличивается точность балансировки, упрощается конструкция устройства и повышается производительность процесса.

Изобретение относится к балансировочной технике и может быть использовано для автоматической балансировки вращающихся изделий в процессе их работы.

Известны устройства для автоматической балансировки вращающихся тел, содержащие корпус и механизмы корректировки, выполненные либо в виде кольца с эксцентричными массами и механизмами

их поворота в виде фрикционной передачи и серводвигателя, установленных на валу балансируемого ротора /см. патент ФРГ N 20252944, кл. G 01 M 1/36, 1977/, либо в виде двух электродвигателей, размещенных в корпусе, жестко соединенном с ротором, на валу которых с эксцентриситетом в плоскости, перпендикулярной оси вращения, установлены балансировочные грузы /см. а.с. СССР N 450981, кл. G 01 M 1/38, 1973/.

Недостатками известных устройств являются низкая точность балансировки, сложность конструкции и ограниченная производительность, что обусловлено сложностью механизма корректировки масс, наличием значительного количества вращающихся вместе с телом вращения деталей.

Известны также устройства для автоматической балансировки вращающихся тел, содержащие либо свободно надетые на тело и подпружиненные в осевом направлении кольца с установленными на них балансировочными грузами, имеющими возможность сходиться - расходиться при вращении тела под действием центробежных сил инерции /см. а.с. СССР N 632919, кл. G 01 M 1/38, 1978/, либо свободно накрученные на резьбовой участок тела гайки с закрепленными на них противовесами /см. а.с. СССР N 1677646, кл. G 01 R 5/02, 1991/.

Недостатком известных устройств является низкая точность балансировки, что обусловлено отсутствием в устройствах, согласно самому принципу автоматической балансировки под действием центробежных сил инерции, отрицательной обратной связи по возмущению, независимости существования данных сил от наличия и величины дисбаланса и, как следствие, возможностью нарушения сбалансированности тела после окончания балансировки в процессе торможения вращения, фиксации противовесов и т.п.

Наиболее близким устройством того же назначения к заявленному изобретению по совокупности признаков является устройство для автоматической балансировки вращающихся тел, включающее втулку, закрепленную на валу балансируемого тела, и два кольца с эксцентричными

массами, установленные по посадке с зазором на внешней поверхности втулки с возможностью поворота вокруг своей оси /см. а. а. СССР N 468123, кл. G 01 M 1/38, 1973/, и принятое за прототип.

К причинам, препятствующим достижению указанного ниже технического результата при использовании известного устройства, принятого за прототип, относятся низкая точность балансировки, сложность конструкции и ограниченная производительность, что обусловлено сложностью исполнительного механизма, содержащего электромагниты, схему формирования корректирующих воздействий, элементы кинематической связи магнитных колец, роликов.

Сущность изобретения заключается в создании из-за действия вибрационных возмущений, возникающих при вращении неуравновешенного тела, направленного вращения эксцентричных масс относительно тела, продолжающегося до прекращения действия вибрационных возмущений, то есть до окончания процесса автоматической балансировки вращающегося тела.

## **RU 2 292 533 C2**

### **Описание изобретения к патенту российской федерации**

Заявка: 2004112999/28, 27.04.2004

Дата начала действия патента: 27.04.2004

Дата публикации заявки: 20.10.2005

Дата публикации: 27.01.2007

Ссылки: SU 1469370 A1, 30.03.1989. SU 1453196 A1, 23.01.1989. SU 811089 A1, 07.03.1981. SU 1548693 A1, 07.03.1990.

Адрес для переписки: 456770, Челябинска обл., г. Снежинск, ул. Васильева, 13, а/я 245, ФГУП РФЯЦ-ВНИИТФ, Отдел интеллектуальной собственности, Г.В. Бакалову.

Изобретатель: Глазырина Любовь Митрофановна (RU), Карповицкий Михаил Степанович (RU), Ключников Александр Васильевич (RU), Мальгин

Анатолий Иванович (RU), Смирнов Геннадий Григорьевич (RU), Фомин Юрий Павлович (RU).

Патентообладатель: Федеральное государственное унитарное предприятие "Российский Федеральный Ядерный Центр-Всероссийский Научно-Исследовательский Институт Технической Физики Им. Акад. Е.И. Забабахина" (Фгуп Рфяц-Вниитф) (Ru).

### **Балансировочный стенд с вертикальной осью вращения**

Изобретение обеспечивает динамическую прецизионную балансировку валов, предпочтительно тех, конструкция которых исключает возможность их балансировки при больших скоростях вращения. Балансировочный стенд содержит фундамент с вертикальной стойкой, на которой закреплены верхняя и нижняя колебательные подвески, выполненные идентичными. Каждая подвеска представляет собой единую деталь, образованную упругими консольными пластинами и массивным основанием. В подвесках закреплены опоры, представляющие собой конические газостатические подшипники. На массивных основаниях каждой колебательной подвески выполнены жесткие базовые выступы, на которых размещены силоизмерительные датчики, контактирующие с упругими консольными пластинами. В опорах установлен тонкостенный технологический переходник, внутри которого зафиксирован испытуемый ротор. Внутренняя поверхность переходника снабжена базовыми опорными поверхностями, соответствующими геометрии балансируемого ротора, что позволяет использовать одни и те же дорогостоящие газостатические подшипники для роторов различной геометрии. В верхней газостатической опоры размещен пневматический механизм разгона, а в нижней опоре - пневматический механизм торможения. Технический результат - это возможность произвести прецизионную балансировку роторов при небольших скоростях вращения и с максимально возможной точностью за счет высокой точности измерения дисбаланса.

Изобретение относится к балансировочным средствам диагностики, а именно к стандам с вертикальной осью вращения, и может быть использовано для динамической балансировки роторов, конструкция которых исключает возможность их балансировки при больших скоростях вращения.

Подобные задачи возникают, например, в том случае, когда оболочка ротора имеет тонкие стенки, и деформации от вращения вносят существенные погрешности, или, если внутренние элементы ротора могут сместиться по тем же причинам. К таким устройствам относятся, например, тонкостенные спутниковые узлы, нежесткие сборки типа разворачивающихся в невесомости антенн, роторы, внутри которых не жестко размещена геофизическая аппаратура или сейсмические датчики.

Широко известны балансировочные средства диагностики, выпускаемые такими известными фирмами, как Carl Schenk AG (Германия) и ДИАМЕХ (Россия). Имеются среди них и вертикальные балансировочные станки, но они предназначены для балансировки конкретных конструкций роторов. В частности, станок В 1500 фирмы ДИАМЕХ предназначен для балансировки дисков и колес при высоких скоростях вращения.

Известен балансировочный стенд с вертикальной осью вращения, содержащий закрепленную на массивном основании колебательную систему с опорами, в которые устанавливается ротор. Опоры связаны с основанием упругими пластинами. В нем имеются также датчики измерения дисбаланса и привод вращения ротора (авторское свидетельство СССР <sup>1</sup>1453196, МПК G 01 M 01/00 от 29.07.87).

Указанный стенд также работает в диапазоне больших угловых скоростей вращения, порядка 10-100 Гц. При таких скоростях вращения ротора чувствительность к дисбалансу, которая пропорциональна квадрату угловой скорости, многократно возрастает. Механические опоры вращения не обеспечивают надежной прецизионной центровки вала и вносит собственную погрешность в результат измерения.

## 2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 2.1 Исходные данные для расчета

Задачей технологического расчета является определение необходимых данных (расчет производственной программы, объема работ и численности производственных рабочих) для разработки планировочного решения участка ремонта силовых агрегатов. Расчеты ведутся на примере автомобиля КАМАЗ-5511 и ГАЗ 3307, приведенные в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Данные автомобилей

| Подвижной состав (марка, модель) | $A_c$ | $l_{cc}$ , км |
|----------------------------------|-------|---------------|
| КамАЗ-5511                       | 20    | 180           |
| ГАЗ-3307                         | 3     | 1090          |

Таблица 2.2 – Приведённые к технологически совместимым группам данные

| Подвижной состав | $A_c$ | $l_{cc}$ | Класс   |
|------------------|-------|----------|---------|
| ГАЗ-3307         | 3     | 1090     | Средний |
| КамАЗ-5511       | 49    | 671      | Большой |

Определяем нормативные значения периодичности ТО-1 ( $L_1^H$ ), ТО-2 ( $L_2^H$ ), пробега до капитального ремонта подвижного состава ( $L_{кр}^H$ ), трудоемкости ежедневного обслуживания (ЕО)  $t_{eo}^H$ , ТО-1 ( $t_1^H$ ), ТО-2 ( $t_2^H$ ), текущего ремонта ( $t_{тр}^H$ ), простоя в ТО-2 и текущем ремонте  $d^H$  и простоя в КР ( $D_{кр}^H$ ) [4].

Таблица 2.3 – Нормативный пробег автомобилей

| Марка      | $L_{1н}$ , км | $L_{2н}$ , км | $L_{крн}$ , км |
|------------|---------------|---------------|----------------|
| ГАЗ-3307   | 5000          | 20000         | 400000         |
| КамАЗ-5511 | 5000          | 20000         | 500000         |

Таблица 2.4 – Нормативная трудоемкость

| Марка      | t <sub>сон</sub> ,<br>чел-ч | t <sub>1н</sub> ,<br>чел-ч | t <sub>2н</sub> ,<br>чел-ч | t <sub>трн</sub> ,<br>чел-ч/1000км | t <sub>мн</sub> ,<br>чел-ч |
|------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|------------------------------------|----------------------------|
| ГАЗ-3307   | 0,3                         | 6,0                        | 24,0                       | 3,0                                | 0,2                        |
| КамАЗ-5511 | 0,4                         | 7,5                        | 30,0                       | 3,8                                | 0,3                        |

Таблица 2.5 – Нормы простоя подвижного состава

| Марка      | d <sup>н</sup> , дней/1000км | D <sub>кр</sub> <sup>н</sup> , дней |
|------------|------------------------------|-------------------------------------|
| ГАЗ-3307   | 0,25                         | 18                                  |
| КамАЗ-5511 | 0,3                          | 18                                  |

## 2.2 Корректирование нормативных значений

Нормативные значения перечисленных выше величин определены для автомобилей, работающих в I категории условий эксплуатации.

Корректировочные коэффициенты учитывают следующие факторы и равны: K<sub>1</sub> - категорию условий эксплуатации, K<sub>1</sub>=0,8; K<sub>2</sub> - модификацию подвижного состава и организацию его работы, K<sub>2</sub>=1; K<sub>3</sub> - природно-климатические условия, K<sub>3</sub>=1; K<sub>4</sub> и K<sub>4</sub>' - пробег с начала эксплуатации.

Значения коэффициентов K<sub>4</sub> и K<sub>4</sub>' определяются как средневзвешенные по всем возрастным группам подвижного состава [7,9]:

$$K_4 = \sum_{i=1}^n K_{4i} * P_i; \quad K_4' = \sum_{i=1}^n K_{4i}' * P_i \quad (2.1)$$

где K<sub>4</sub> и K<sub>4</sub>' - табличные значения коэффициентов для конкретной (i-той) возрастной группы автомобилей; K<sub>41</sub>=1,0; K<sub>42</sub>=1,4; K<sub>41</sub>'=1,0; K<sub>42</sub>'=1,4.

P<sub>i</sub>- доля автомобилей i-той возрастной группы; P<sub>1</sub>=0,5; P<sub>2</sub>=0,5; n- число возрастных групп автомобилей; n=2.

$$K_4' = 1,0 * 0,5 + 1,4 * 0,5 = 1,2$$

K<sub>5</sub> - количество обслуживаемых и ремонтируемых автомобилей на АТП и количество технологически совместимых групп подвижного состава.

Для определения коэффициента  $K_5$  нужно предварительно определяем количество технологически совместимых при проведении ТО и ТР групп подвижного состава [11]. ГАЗ-3307 - 1 гр., КАМАЗ-5511 – 2 гр.  $K_5 = 1,55$ .

Корректирование нормативов производится по формулам:

- периодичность ТО-1 и ТО-2, км :

$$L_1 = L_1^H * K_1 * K_3 \quad (2.2)$$

ГАЗ-3307:  $L_1 = 5000 * 0,8 * 1,0 = 4000$  (км);

КамаАЗ-5511:  $L_1 = 5000 * 0,8 * 1,0 = 4000$  (км).

$$L_2 = L_2^H * K_1 * K_3 \quad (2.3)$$

ГАЗ-3307:  $L_2 = 20000 * 0,8 * 1,0 = 16000$  (км);

КамаАЗ-5511:  $L_2 = 20000 * 0,8 * 1,0 = 16000$  (км).

- пробег до КР, км:

$$L_{кр} = L_{кр}^H * K_1 * K_2 * K_3 \quad (1.4)$$

ГАЗ-3307:  $L_{кр} = 400000 * 0,8 * 1,0 * 1,0 = 320000$  (км);

КамаАЗ-5511:  $L_{кр} = 500000 * 0,8 * 1,0 * 1,0 = 400000$  (км);

- простой автомобилей в ТО-2 и ТР, дни/1000 км:

$$d = d^H * K_4 * K_{см}, \quad (2.5)$$

где  $K_{см}$ - коэффициент, учитывающий объем работ, выполняемых в межсменное время  $K_{см} = 0,75$ .

ГАЗ-3307:  $d = 0,25 * 1,2 * 0,75 = 0,23$  (дней/1000 км)

КамаАЗ-5511:  $d = 0,25 * 1,2 * 0,75 = 0,27$  (дней/1000 км)

- трудоемкость ТО, чел-ч:

$$t_M = t_M^H * K_2 * K_5 * K_M, \quad (2.6)$$

где  $K_M$  - коэффициент, учитывающий уровень автоматизации и механизации работ,  $K_M = 0,8$ ;

$t_M^H = 0,65 * t_{eo}^H$  - нормативное значение трудоемкости уборочно-моечных воздействий;

$$t_1 = t_1^H * K_2 * K_5 * K_M \quad (1.7)$$

$$t_2 = t_2^H * K_2 * K_5 * K_M \quad (1.8)$$

- трудоемкость ТР, чел-ч/1000 км:

$$t_{\text{тр}} = t_{\text{тр}}^{\text{н}} * K_1 * K_2 * K_3 * K_4 * K_5 \quad (2.9)$$

Таблица 1.6 – Скорректированная трудоемкость

| Марка      | $t_{\text{то1}}$ , чел-ч | $t_{\text{то2}}$ , чел-ч | $t_{\text{тр}}$ , чел-ч/1000км | $t_{\text{м}}$ , чел-ч |
|------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------------|------------------------|
| ГАЗ-3307   | 9,30                     | 37,20                    | 8,37                           | 0,30                   |
| КамАЗ-5511 | 11,63                    | 46,50                    | 10,60                          | 0,40                   |

- периодичность уборочно-моечных работ, входящих в работы ежедневного обслуживания, определяется средней периодичностью мойки в днях ( $D_{\text{м}}=1$  день) и среднесуточным пробегом ( $l_{\text{ср}}$ ) [11]:

$$L_{\text{м}} = l_{\text{ср}} * D_{\text{м}} \quad (2.10)$$

ГАЗ-3307:  $L_{\text{м}} = 175 * 1 = 175$  (км);

КамАЗ-5511:  $L_{\text{м}} = 215 * 1 = 215$  (км).

Для улучшения планирования технического обслуживания автомобилей периодичность ТО откорректировали по величине среднесуточного пробега, то есть пробег до ТО-1 должен быть кратным среднесуточному пробегу, а пробег до ТО-2 - кратным пробегу до ТО-1. Аналогично пробег до капитального ремонта должен быть кратным пробегу до ТО-2.

Исходные нормативы пробегов, коэффициенты и результаты корректирования занесены в таблицу 2.7.

Таблица 2.7 – Нормативы пробега до ТО, ресурса до КР, коэффициенты корректирования, скорректированные величины нормативов

| Подвижной состав | $L_{\text{кр}}^{\text{н}}$ , км | $L_1^{\text{н}}$ , км | $L_2^{\text{н}}$ , км | $K_1$ | $K_2$ | $K_3$ | $L_{\text{кр}}$ , км | $L_1$ , км | $L_2$ , км |
|------------------|---------------------------------|-----------------------|-----------------------|-------|-------|-------|----------------------|------------|------------|
| ГАЗ-3307         | 400000                          | 5000                  | 20000                 | 0,8   | 1     | 1     | 319900               | 3850       | 15925      |
| КамАЗ-5511       | 500000                          | 5000                  | 20000                 | 0,8   | 1     | 1     | 399900               | 3870       | 15910      |

### 2.3 Расчет трудоемкости ТО и ТР

Трудоемкость уборочно-моечных воздействий [11]:

$$T_{\text{м}} = N_{\text{м}} * t_{\text{м}} \quad (2.11)$$

Трудоемкость ТО-1 и ТО-2:

$$T_1 = N_1 * t_1, T_2 = N_2 * t_2 \quad (2.12)$$

Трудоемкость сезонного обслуживания:

$$T_{co} = N_{co} * t_2 * 0,2 \quad (2.13)$$

Трудоемкость текущего ремонта:

$$T_{тр} = LГ * t_{тр} / 1000 \quad (2.14)$$

Трудоемкость вспомогательных работ:

$$T_{всп} = 0,2 \dots 0,3 * (T_M + T_1 + T_2 + T_{co} + T_{тр}) \quad (2.15)$$

Итоговая трудоемкость технических воздействий:

$$T = T_M + T_1 + T_2 + T_{co} + T_{тр} + T_{всп}. \quad (2.16)$$

Расчеты провели в пределах технологически совместимых групп и приведены в общей таблице 2.8.

Таблица 1.8 – Трудоемкости ТО и ТР

| Марка      | $T_{то1}$ ,<br>чел-ч | $T_{то2}$ ,<br>чел-ч | $T_M$ ,<br>чел-ч | $T_{тр}$ ,<br>чел-ч | $T_{co}$ ,<br>чел-ч | $T_{всп}$ ,<br>чел-ч | $T$ ,<br>чел-ч |
|------------|----------------------|----------------------|------------------|---------------------|---------------------|----------------------|----------------|
| ГАЗ-3307   | 691                  | 837                  | 651              | 3156                | 134                 | 1094                 | 6562           |
| КамАЗ-5511 | 3105                 | 3833                 | 2560             | 14481               | 502                 | 4896                 | 29378          |

## 2.4 Расчет численности ремонтно-обслуживающих рабочих и распределение их по специальностям

Штатная численность рабочих на участке [11,13]:

$$P_{ш} = \frac{T}{\Phi_{шт}}, \quad (2.17)$$

где  $\Phi_{шт}$  - годовой фонд времени штатной единицы рабочих;  
 $\Phi_{шт} = 1840$  ч.

Распределение трудоемкости по видам работ (специальностям рабочих) представили в виде таблиц, в которых указали объем работ определенных видов в процентах и чел.-ч., а также расчетные и принимаемые значения числа рабочих.

Таблица 2.9 – Распределение трудоемкости по видам работ

| Работы                              | диагностические | регулируемые | разборочно-<br>сборочные | сварочно-<br>жестяжные | малярные | итого: |
|-------------------------------------|-----------------|--------------|--------------------------|------------------------|----------|--------|
| 1                                   | 2               | 3            | 4                        | 5                      | 6        | 7      |
| %                                   | 1,8             | 1,9          | 24,4                     | 7                      | 7,8      | 42,9   |
| ГАЗ-3307                            | 57              | 60           | 770                      | 221                    | 246      | 1354   |
| КамАЗ-5511                          | 261             | 275          | 3533                     | 1014                   | 1130     | 6212   |
| Общее                               | 346             | 365          | 4692                     | 1346                   | 1500     | 8250   |
| <b>Штатная численность рабочих</b>  |                 |              |                          |                        |          |        |
| ГАЗ-3307                            | 0,03            | 0,03         | 0,42                     | 0,12                   | 0,15     |        |
| КамАЗ-5511                          | 0,14            | 0,15         | 1,92                     | 0,55                   | 0,70     |        |
| Общее                               | 0,19            | 0,20         | 2,55                     | 0,73                   | 0,93     | 4,60   |
| <b>Явочная численность рабочих</b>  |                 |              |                          |                        |          |        |
| ГАЗ-3307                            | 0,03            | 0,03         | 0,42                     | 0,12                   | 0,15     |        |
| КамАЗ-5511                          | 0,14            | 0,15         | 1,92                     | 0,55                   | 0,70     |        |
| Общая                               | 0,17            | 0,18         | 2,27                     | 0,65                   | 0,82     | 4,08   |
| <b>Принятая численность рабочих</b> |                 |              |                          |                        |          |        |
| Штатная                             | 0,5             | 0,5          | 3,0                      | 1,0                    | 1,0      | 6,0    |
| Явочная                             | 0,5             | 0,5          | 3,0                      | 1,0                    | 1,0      | 6,0    |

Основанием для распределения трудоемкости работ ТР служили рекомендации [1,3]. Для упрощения расчетов приняли условно, что все работы ТО-2 выполняются на постах зоны (постовыми рабочими). Практически же от 20 до 30% трудоемкости работ ТО-2 выполняется в производственных отделениях. При ТР доля постовых работ составляет 30...40%, остальные работы выполняются в отделениях.

Трудоемкость работ по техническому обслуживанию (ЕО, ТО-1, ТО-2) распределяется по видам работ согласно таблице, приведенной в [13].

## 2.5 Технологическое проектирование зон ТО и ТР

ТО-1 в АТП чаще всего выполняется поточным методом, обладающим рядом преимуществ.

Число постов зоны ТО-1:

$$n_1 = \frac{\tau_n}{R}, \quad (2.18)$$

где  $\tau_n$  - такт поста, время между заменами автомобилей на посту:

$$\tau_n = \frac{t_1 * 60}{P_n} + t_n, \quad (2.19)$$

где  $P_n$  - число рабочих на посту [13];

$t_n$  - время на замену автомобилей на посту (обычно 0,5...1,5 мин.);

$R$  - ритм зоны :

$$R = \frac{\Phi_3 * C * 60}{N_1^c} = \frac{T_{c.m} * C * 60}{N_1^c}, \quad (2.20)$$

где  $\Phi_3$  - годовой фонд времени при односменной работе (равный фонду времени одного рабочего);

$N_1^c$  - суточная программа ТО-1;

$C$  - число смен работы зоны;  $C=1$ .

$T_{c.m}$  - продолжительность смены;  $T_{c.m}=8$  часов.

Исходные данные и результаты расчета приведены в таблице 2.10.

Таблица 2.10 – Расчёт числа постов ТО-1

| Марка      | $\Phi_3$ | $N_1$ | $c$ | $R$  | $P_n$ | $t_1$ | $t_n$ | $\tau_n$ | $n$  |
|------------|----------|-------|-----|------|-------|-------|-------|----------|------|
| ГАЗ-3307   | 1840     | 74    | 1   | 1487 | 2     | 9,30  | 1     | 280,00   | 0,19 |
| КамАЗ-5511 | 1840     | 267   | 1   | 413  | 2,5   | 11,63 | 1,5   | 280,50   | 0,68 |

Если ТО-2 планируется выполнять на универсальных постах тупикового типа, то за время обслуживания одного автомобиля принимается одна смена, тогда:

$$n_2 = \frac{N_2 * C_{тн}}{D_{рз} * C}, \quad (2.21)$$

где  $D_{рз}$  - число дней работы зоны в году;  $D_{рз} = 253$  дней.

$C_{тн}$  - технологически необходимое среднее число смен для выполнения ТО-2.

Исходные данные и результаты расчета приведены в таблице 2.11.

Таблица 2.11 – Расчет числа постов ТО-2

| Марка      | $N_2$ | $C_{тн}$ | $D_{рз}$ | $c$ | $n_2$ |
|------------|-------|----------|----------|-----|-------|
| ГАЗ-3307   | 22    | 1        | 253      | 1   | 0,09  |
| КамАЗ-5511 | 82    | 1,5      | 253      | 1   | 0,49  |

Принимаем 2 поста для ТО-1 и ТО-2 автомобилей КамАЗ-5511, и 1 пост для автомобилей ГАЗ-3307

Число постов в зоне текущего ремонта:

$$n_{ТР} = \frac{T_{ТР}^n * K_{нп}}{\Phi_з * C * P_n * \eta}, \quad (2.21)$$

где  $T_{ТР}^n$  - трудоемкость постовых работ ТР (определяется суммированием трудоемкости постовых работ из предыдущих расчетов или умножением общей трудоемкости ТР на коэффициент постовых работ  $B=0,35...0,45$ );

$K_{нп}$  - коэффициент неравномерности подачи автомобилей на ремонт ( $K_{нп}=1,2$ );

$\Phi_з$  - годовой фонд времени рабочего места при 1-сменной работе;

$C$  - число смен работы зоны;  $C=1$ .

$P_n$  - среднее число рабочих на посту;

$\eta$  - коэффициент использования рабочего времени поста ( $\eta=0,75...0,9$ ).

Исходные данные и результаты расчета приведены в таблице 2.12.

Принимаем 3 поста для автомобилей КамАЗ-5511, и 1 пост для автомобилей ГАЗ-3307

Таблица 2.12 – Расчет числа постов ТР

| Марка      | $T_{\text{ТР}}$ | $K_{\text{ПП}}$ | $\Phi_3$ | $c$ | $P_{\text{П}}$ | $\eta$ | $n_{\text{ТР}}$ |
|------------|-----------------|-----------------|----------|-----|----------------|--------|-----------------|
| ГАЗ-3307   | 1420            | 1,2             | 2070     | 1   | 2              | 0,8    | 0,51            |
| КамАЗ-5511 | 6516            | 1,2             | 2070     | 1   | 2              | 0,8    | 2,36            |

После определения числа постов зоны подобрали основное современное технологическое оборудование [11,13]] (инструмент не включается) и определили ориентировочную площадь зоны:

$$F_3 = f_a * X_3 * K_{\text{П}}, \quad (2.22)$$

где  $f_a$  - площадь горизонтальной проекции автомобиля,  $\text{м}^2$ ;

$X_3$  - число постов зоны;

$K_{\text{П}}$  - коэффициент плотности расстановки постов;  $K_{\text{П}}=4,5$ .

Исходные данные и результаты расчета приведены в таблице 2.13.

Таблица 2.13 – Площадь зон ЕО, ТО, ТР

| Наименование зон | $f_a, \text{м}^2$ | $X_3$ | $K_{\text{П}}$ | $F_3, \text{м}^2$ |
|------------------|-------------------|-------|----------------|-------------------|
| ЕО               | 26,35             | 0     | 4,50           | 0                 |
| ТО-1             | 26,35             | 1,00  | 4,50           | 118,575           |
| ТО-2             | 26,35             | 1,00  | 4,50           | 118,575           |
| ТР               | 26,35             | 4,00  | 4,50           | 474,3             |
| Итого:           |                   |       |                | 711,45            |

## 2.6 Расчет площади участка ремонта силовых агрегатов

Площадь участка ремонта силовых агрегатов рассчитали по площади, занимаемой основным технологическим оборудованием. После выбора оборудования участка и определения занимаемой им площади участка, которая определяется по формуле [18]:

$$F_y = f_{\text{об}} * K_{\text{П}}, \quad (2.23)$$

где  $f_a$  - площадь горизонтальной проекции оборудования;

$K_n$  - коэффициент плотности расстановки оборудования;

$$F_y = 4 \cdot 12 = 48 \text{ м}^2.$$

Таблица 2.14 – Оборудование участка ремонта силовых агрегатов

| № п/п | Наименование  | Габариты      | Кол-во, шт. |
|-------|---|---------------|-------------|
| 1     | 2   | 3             | 4           |
| 1     | Стенд автоагрегатный для сборки и разборки двигателей ЯМЗ, Р790               | 1670x800x1036 | 1           |
| 2     | Стенд автоагрегатный для сборки и разборки двигателей КамАЗ, Р79I             | 1360x1000x985 | 1           |
| 3     | Станок для шлифовки клапанов, PI08  | 870x975x430   | 1           |
| 4     | Установка для шлифовки клапанных гнезд двигателей, PI76                       | Переносная    | 1           |
| 5     | Устройство для притирки клапанов, PI77  | 312x72x238    | 1           |
| 6     | Стенд для разборки и сборки головок блоков цилиндров автомобильных двигателей | 1070x640x1272 | 1           |
| 7     | Станок для шлифовки фасок клапанов и торцов сферических толкателей. Р-108     | 870x575x430   | 1           |
| 8     | Стенда для балансировки коленчатых валов                                      | 1300x1200x800 | 1           |
| 9     | Стенд противопожарный   | —             | 1           |

Складские помещения рассчитываются по формуле [18]:

$$S_{ск} = \Phi_{уд} * K_1^c * K_2^c * K_3^c * L_r * 10^{-6}, \quad (2.24)$$

где  $\Phi_{уд}$  - норма площадей для грузовых автомобилей,  $\text{м}^2/1\text{млн.км}$  ;

$K_1^c$  - коэффициент, учитывающий списочное число технологически совместимого подвижного состава;

$K_2^c$  - коэффициент, учитывающий тип подвижного состава;

$K_3^c$  - коэффициент, учитывающий наличие прицепного состава к грузовым автомобилям;

$L_r$  - общий годовой пробег, км .

### **3 КОНСТРУКТОРСКА ЧАСТЬ**

#### **3.1 Выбор прототипа стенда**

В качестве прототипа выбран балансировочный стенд с вертикальной осью вращения, содержащий закрепленные на вертикальной стойке фундамента колебательные подвески с упругими пластинами и опорами в виде соосных конических газостатических подшипников, в одном из которых выполнен пневмопривод вращения, а в другом - пневмотормоз. Стенд имеет также силоизмерительные датчики, установленные в колебательных подвесках.

Данная конструкция стенда позволяет производить прецизионную диагностику коленчатого вала на малых скоростях вращения. Однако погрешность измерения реакции опор на проявления динамической неуравновешенности коленчатого вала при его вращении остается несколько завышенной. Кроме того, при испытании роторов, отличающихся друг от друга посадочными местами для установки в опоры, т.е. геометрией, приходится производить переустановку дорогих газостатических подшипников, что крайне неэкономично.

Задачей является доработка конструкции стенда с тем, чтобы устранить указанные недостатки и сделать его более унифицированным.

Поставленная задача решается тем, что в балансировочном стенде с вертикальной осью вращения, содержащем закрепленные на вертикальной стойке фундамента колебательные подвески с упругими пластинами и опорами в виде соосных конических газостатических подшипников, в одном из которых выполнен пневмопривод вращения вала, а в другом - пневмотормоз, а также силоизмерительные датчики, установленные в подвесках, согласно изобретению упругие пластины для каждой опоры выполнены консольными в виде единой детали заодно с собственным массивным основанием, закрепленным на вертикальной стойке, на котором с обеих сторон выполнены жесткие выступы для установки на них на расстоянии примерно  $1/5$  длины пластин от массивного основания

силоизмерительных датчиков с обеспечением касания упругих пластин, при этом стенд снабжен жестким тонкостенным переходником, наружная боковая поверхность которого соответствует ответным поверхностям конических газостатических подшипников, а внутренняя поверхность выполнена соответствующей базовым посадочным поверхностям балансируемого ротора.

Выполнение упругих пластин консольными и заодно с основанием, закрепленным на вертикальной стойке, обеспечивает повышение точности измерения параметров ответной реакции упругой подвески на возникающий дисбаланс, а также повышает стабильность этих измерений при колебаниях температуры. Место размещения датчиков также повышает точность измерения, поскольку жесткие базовые выступы и плечо установки, равное  $1/5$  длины пластины, увеличивают чувствительность измерительной схемы, по которой включены силоизмерительные датчики.

Применение жесткого тонкостенного переходника, позволяет балансировать валы различной геометрии без смены подшипников опор и защитить поверхность балансируемых роторов от повреждений. Все это вместе позволяет производить вертикальную балансировку различных роторов при обеспечении высокой точности даже при малых скоростях вращения.

Кроме того, стенд может быть снабжен эталонным телом, массоцентровочные характеристики и базовые посадочные поверхности которого соответствуют указанным характеристикам и поверхностям балансируемого ротора.

### **3.2 Расчёт мощностных и скоростных характеристик привода балансировочного станка**

#### ***Исходные значения***

$$n_{\text{Вых}} = 2500 \text{ мин}^{-1};$$

$$P_{\text{Вых}} = 25 \text{ кВт};$$

**Определим КПД привода [3,5,8]:**

$$\eta = \eta_{\text{эд}} \eta_{\text{цил}} \eta_{\text{подш}}^n, \quad \text{где} \quad (3.1)$$

$$\eta = 0,98 \cdot 0,97 \cdot 0,99^2 = 0,93$$

$\eta_{\text{эд}}$  – КПД электродвигателя;

$\eta_{\text{цил}}$  – КПД цилиндрической передачи;

$\eta_{\text{подш}}$  – КПД подшипников качения;

$n$  – количество пар подшипников.

**Вычислим требуемую мощность электродвигателя [8]:**

$$P = \frac{P_{\text{Вых}}}{\eta} \quad (3.2)$$

$$P = \frac{25}{0,93} = 26,88 \text{ кВт}$$

**Выбираем электродвигатель:**

Исходя из рассчитанной мощности, выбираем электродвигатель марки АИР160М6, с развиваемой максимальной мощностью 6 кВт и частотой вращения приводного вала  $n_{\text{эд}} = 3000 \text{ мин}^{-1}$ .

**Определим передаточное число цилиндрической передачи [5]:**

$$u = \frac{n_{\text{эд}}}{n_{\text{Вых}}} \quad (3.3)$$

$$u = \frac{3000}{2500} = 1,2$$

**Обороты на валах привода:**

$$n_2 = \frac{n_1}{u} \quad (3.4)$$

$$n_{1\text{цил}} = n_{\text{эл.дв}} = 3000 \text{ мин}^{-1};$$

$$n_{2\text{цил}} = \frac{n_{1\text{цил}}}{u_{\text{цил}}} = \frac{3000}{1,2} = 2500 \text{ мин}^{-1};$$

**Угловые скорости на валах привода:**

$$\omega_1 = \frac{\pi n_1}{30} \quad (3.5)$$

$$\omega_{\text{эл.дв}} = \frac{\pi n_{\text{эд}}}{30} = \frac{3,14 \cdot 3000}{30} = 314 \text{ с}^{-1};$$

$$\omega_{\text{цил}} = \omega_{\text{эл.дв}} = 314 \text{ с}^{-1};$$

$$\omega_{2\text{цил}} = \frac{\pi n_{2\text{цил}}}{30} = \frac{3,14 \cdot 2500}{30} = 261,6 \text{ с}^{-1}.$$

**Крутящие моменты на валах привода [3,8]:**

$$T_1 = \frac{P}{\omega_1} \quad (3.6)$$

$$T_{\text{эл.дв}} = \frac{P}{\omega_{\text{эл.дв}}} = \frac{26,88 \cdot 10^3}{314} = 8560 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$T_2 = T_1 \cdot u \cdot \eta_{\text{передачи}} \cdot \eta_{\text{подш}} \quad (3.7)$$

$$T_{1\text{цил}} = T_{\text{эл.дв}} = 8560 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$T_{2\text{цил}} = 8560 \cdot 1,2 \cdot 0,97 \cdot 0,99 = 9864 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

### 3.3 Расчёт цилиндрической передачи

**Выбор материала шестерни [8]:**

В качестве материала шестерни выбираем сталь 40Х с закалкой по сечению ( $\sigma_B = 1500 \text{ Н/мм}^2$ ,  $\sigma_{-1} = 650 \text{ Н/мм}^2$ ,  $HRC = 50$ ,  $[\sigma]_F = 380 \text{ Н/мм}^2$ ,  $[\sigma]_H = 900 \text{ Н/мм}^2$ ).

**Выбор материала колеса:**

В качестве материала колеса выбираем сталь 40Х улучшенную ( $\sigma_B = 1000 \text{ Н/мм}^2$ ,  $\sigma_{-1} = 480 \text{ Н/мм}^2$ ,  $HB = 260$ ,  $[\sigma]_F = 220 \text{ Н/мм}^2$ ,  $[\sigma]_H = 650 \text{ Н/мм}^2$ ).

Расчёт геометрических параметров передачи (Рисунок 3.1):

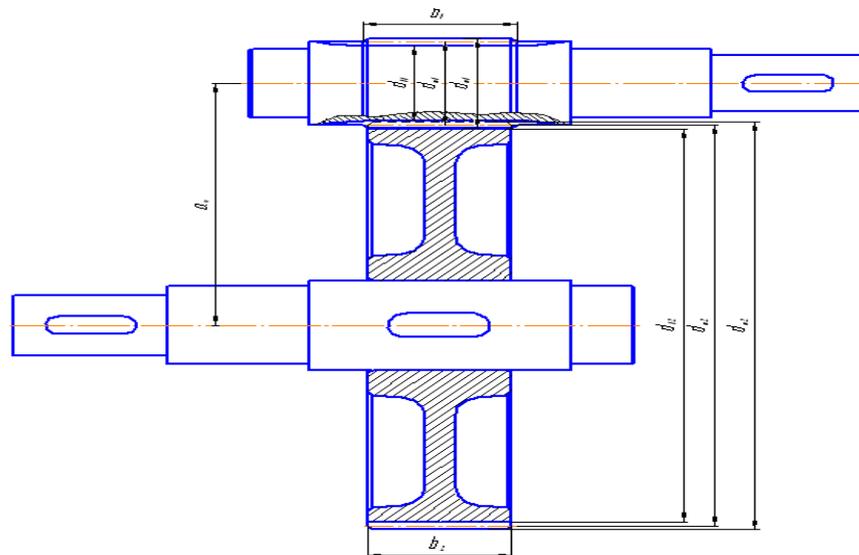


Рисунок 3.1 - Схема к расчёту цилиндрической зубчатой передачи

Устанавливаем внешний окружной модуль, в соответствии с ГОСТ 9563–60, равным  $m = 2$  мм [5].

Коэффициент ширины зубчатого венца:

$$\psi_d = 0,5\psi_a(u_{цил} + 1), \text{ где} \quad (3.8)$$

$\psi_a$  – коэффициент полноты профиля зуба (для передач с твёрдостью материала  $HRC \geq 45$   $\psi_a = 0,2$ ).

$$\psi_d = 0,5 \cdot 0,2(1,2 + 1) = 0,22$$

Коэффициент концентрации нагрузки:

$$K_{H\beta} = \frac{1 + 2\psi_d}{8} \quad (3.9)$$

$$K_{H\beta} = \frac{1 + 2 \cdot 0,22}{8} = 0,18$$

Межосевое расстояние [5]:

$$a_w = 49 \cdot (u_{цил} + 1) \cdot \sqrt[3]{\frac{K_{H\beta} T_{2цил}}{\psi_a u_{цил}^2 \sigma_H^2}} \quad (3.10)$$

$$a_w = 49 \cdot (1,2 + 1) \cdot \sqrt[3]{\frac{0,18 \cdot 9864 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 1,2^2 \cdot 650^2}} = 263 \text{ (мм)}.$$

Делительный диаметр колеса:

$$d_{e2цил} = \frac{2a_w u_{цил}}{u_{цил} + 1} \quad (3.11)$$

$$d_{e2цил} = \frac{2 \cdot 263 \cdot 1,2}{1,2 + 1} = 287 \text{ (мм)};$$

$$d_{e1цил} = \frac{d_{e2цил}}{u_{цил}} \quad (3.12)$$

$$d_{e1цил} = \frac{287}{1,2} = 239 \text{ (мм)}.$$

Диаметр вершин зубьев:

$$d_{ai} = d_{ei} + 2m \quad (3.13)$$

$$d_{a1цил} = 239 + 2 \cdot 2 = 243 \text{ (мм)};$$

$$d_{a2цил} = 287 + 2 \cdot 2 = 291 \text{ (мм)}.$$

Диаметр впадин зубьев:

$$d_{fi} = d_{ei} - 2,5m \quad (3.14)$$

$$d_{f1цил} = 239 - 2,5 \cdot 2 = 234 \text{ (мм)};$$

$$d_{f2цил} = 287 - 2,5 \cdot 2 = 282 \text{ (мм)}.$$

Ширина зубчатого венца:

$$b_{1цил} = \psi_a a_w \quad (3.15)$$

$$b_{1цил} = 0,2 \cdot 263 = 52,6 \text{ (мм)}.$$

$$b_{2цил} = 1,2b_{1цил} \quad (3.16)$$

$$b_{2цил} = 1,2 \cdot 52,6 = 63,1 \text{ (мм)}.$$

Суммарное число зубьев:

$$z_{\Sigma} = \frac{2a_w \cos \beta}{m}, \text{ где} \quad (3.17)$$

$\beta$  – угол наклона зуба ( $\beta = 20^0$ ).

$$z_{\Sigma} = \frac{2 \cdot 263 \cdot \cos 20^0}{2} = 247$$

Число зубьев шестерни:

$$z_{1цил} = \frac{z_{\Sigma}}{u_{цил} + 1} \quad (3.18)$$

$$z_{1цил} = \frac{247}{1,2 + 1} = 112,2 \approx 112$$

Число зубьев колеса:

$$z_{2цил} = z_{\Sigma} - z_{1цил} \quad (3.19)$$

$$z_{2цил} = 247 - 112 = 135$$

**Прочностной расчёт:**

Контактные напряжения [8]:

$$\sigma_{Hi} = 63 \cdot \frac{1}{a_w} \cdot \sqrt{\frac{T_i(u+1)^3}{b_i u}} \cdot K_{H\beta} \leq \sigma_{H}^- \quad (3.20)$$

$$\sigma_{H1цил} = 63 \cdot \frac{1}{263} \cdot \sqrt{\frac{8560 \cdot 10^3 (1,2+1)^3}{52,6 \cdot 1,2}} \cdot 0,21 = 122,3 \leq 900 \text{ Н/мм}^2$$

$$\sigma_{H1цил} = 63 \cdot \frac{1}{263} \cdot \sqrt{\frac{9864 \cdot 10^3 (1,2+1)^3}{63,1 \cdot 1,2}} \cdot 0,21 = 178,3 \leq 650 \text{ Н/мм}^2$$

Из расчётов видно, что зубья проходят по контактным напряжениям с запасом прочности.

Напряжения изгиба зубьев:

$$\sigma_{Fi} = \frac{2T_i K_F Y_F}{z_i \psi_d d_i m^3} \leq \sigma_{F}^- , \text{ где} \quad (3.21)$$

$K_F$  – коэффициент расчётной нагрузки ( $K_F = 1,5$ ) [5];

$Y_F$  – коэффициент формы зуба ( $Y_F = 1,1$ ) [5].

$$\sigma_{F1цил} = \frac{2 \cdot 8560 \cdot 10^3 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{112 \cdot 0,36 \cdot 239 \cdot 2^3} \leq 380 \text{ Н/мм}^2$$

$$\sigma_{F1цил} = 222,5 \leq 380 \text{ Н/мм}^2$$

$$\sigma_{F2цил} = \frac{2 \cdot 9864 \cdot 10^3 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{135 \cdot 0,36 \cdot 287 \cdot 2^3} \leq 220 \text{ Н/мм}^2$$

$$\sigma_{F2цил} = 82,3 \leq 220 \text{ Н/мм}^2$$

Из расчётов видно, что зубья проходят по напряжениям изгиба с запасом прочности.

### 3.4 Расчёт валов

Материал валов – сталь 45 улучшенная ( $[\sigma]_B = 900 \text{ Н/мм}^2$ ,  $[\sigma]_{-I} = 400 \text{ Н/мм}^2$ ,  $[\sigma]_F = 380 \text{ Н/мм}^2$ ,  $[\sigma]_H = 600 \text{ Н/мм}^2$ ).

Диаметр наименьшего сечения вала:

$$d_{Bi} = \sqrt[3]{\frac{T_i}{0,2 \cdot \tau^-}} , \text{ где} \quad (3.22)$$

$[\tau]$  – пониженное тангенциальное напряжение (для валов редукторов

$[\tau] = 12 \dots 15 \text{ Н/мм}^2$ ).

$$d_{B1цил} = \sqrt[3]{\frac{8560 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 15}} = 141,8 \text{ мм};$$

$$d_{B2цил} = \sqrt[3]{\frac{9864 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 15}} = 148,6 \text{ мм}.$$

Тангенциальная сила в зацеплении:

$$F_{ti} = \frac{2T_i}{d_{ei}} \quad (3.23)$$

$$F_{тци} = \frac{2 \cdot 9864 \cdot 10^3}{287} = 68738 \text{ Н}$$

Радиальная сила в зацеплении:

$$F_{ri} = \frac{F_{ti} \cdot \operatorname{tg} \alpha}{\cos \beta} \quad (3.24)$$

$\beta$  – угол наклона линии зуба (так как коническая и цилиндрическая передачи прямозубые, угол  $\beta = 0$ );

$\alpha$  – угол зацепления зубьев ( $\alpha = 20^\circ$ ).

$$F_{rци} = \frac{68738 \cdot \operatorname{tg} 20^\circ}{\cos 0^\circ} = 25018 \text{ Н}.$$

Изгибающий момент в опасном сечении (под шестернёй, в области шпоночного паза) [8]:

$$M = \sqrt{\left(F_r \frac{ab}{l} + M_a \frac{a}{l}\right)^2 + \left(F_t \frac{ab}{l} + F_M \frac{ca}{l}\right)^2} \quad (3.25)$$

$$M_{цил} = \sqrt{25018 \cdot 80^2 + 68738 \cdot 80^2} = 1175 \cdot 10^3 \text{ Н·мм}.$$

Запас сопротивления усталости:

$$s = \frac{s_\sigma s_\tau}{\sqrt{s_\sigma^2 + s_\tau^2}} \geq \mathbf{1,5}, \text{ где} \quad (3.26)$$

$$s_\sigma = \frac{\sigma_{-1}}{\frac{\sigma_a K_\sigma}{K_d K_F + \psi_\sigma \sigma_m}} - \text{запас сопротивления усталости по изгибу} \quad (3.27)$$

$$\left. \begin{aligned} \sigma_m = 0; \sigma_a &= \frac{M}{0,1d_i^3}; \\ \tau_m = \tau_a = 0,5\tau &= \frac{0,5T_i}{0,2d_i^3}. \end{aligned} \right\} \quad (3.28)$$

$$\tau_{-1} = 0,3 \sigma_{B-} \quad (3.29)$$

$$\tau_{-1} = 0,3 \cdot 900 = 270 \text{ Н/мм}^2$$

Для стали 45  $\psi_\sigma = 0,1$ ;  $\psi_\tau = 0,05$ .

Для диаметра цилиндрического колеса, равного  $d_{e2цил} = 287$  мм масштабный коэффициент  $K_d = 0,5$  и фактор шероховатости  $K_F = 0,85$  [5].

При  $[\sigma]_B = 900 \text{ Н/мм}^2$  эффективные коэффициенты концентрации напряжений равны  $K_\sigma = 2,5$  и  $K_\tau = 1,8$ .

$$s_{\sigma_{цил}} = \frac{400}{\frac{18,7 \cdot 2,5}{0,5 \cdot 0,85 + 0,1 \cdot 0}} = 12,2 ;$$

$$s_{\tau_{цил}} = \frac{270}{\frac{7,5 \cdot 1,8}{0,5 \cdot 0,85 + 0,05 \cdot 7,5}} = 16, \text{ тогда}$$

$$s = \frac{12,2 \cdot 16}{\sqrt{12,2^2 + 16^2}} = 9,7 \geq \sigma_{-1} \approx 1,5.$$

Из расчётов следует, что валы имеют значительный запас сопротивления усталости.

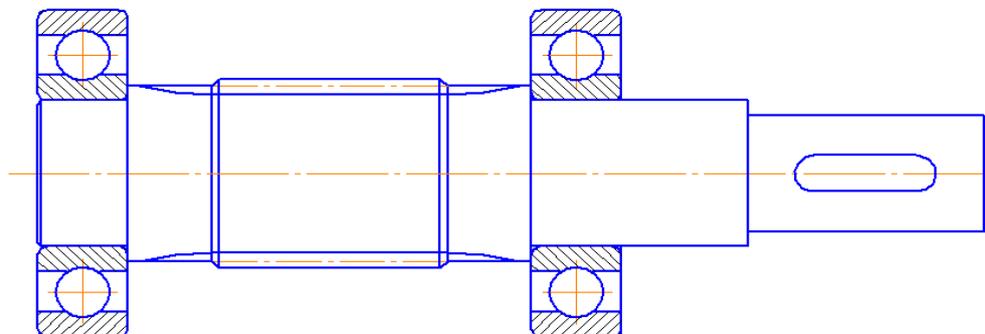


Рисунок 3.2 - Схема к расчёту вала

### 3.5 Выбор подшипников

Подшипники выбираются по динамической грузоподъёмности, исходя из осевой силы, действующей на вал (Рисунок 3.3).

Для вала шестерни цилиндрической передачи мы выбрали радиально-упорные роликовые подшипники серии 2007934А ( $d = 170$  мм,  $D = 230$  мм,  $C_0 = 305$  кН) [5].

Для вала колеса цилиндрической передачи мы выбрали радиальные шариковые однорядные подшипники серии 2007938А ( $d = 190$  мм,  $D = 260$  мм,  $C_0 = 405$  кН).

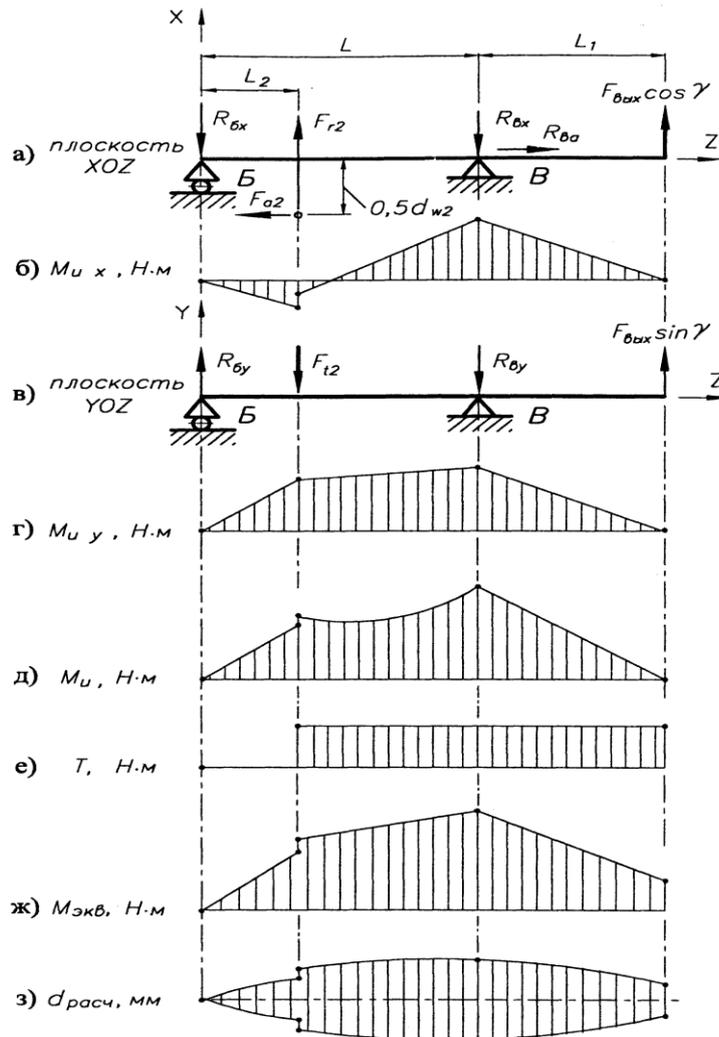


Рисунок 3.3 - Эпюры нагружения валов

## **4 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ОХРАНА ТРУДА**

### **4.1 Разработка мероприятий по обеспечению безопасности выполнения операций технологического процесса балансировки коленчатого вала**

Технологический процесс балансировки включает в себя ряд неблагоприятных, для исполнителей работ, факторов. Опасности, имеющие место на рабочих местах, подразделяются на импульсные и аккумулятивные.

Источники импульсных опасностей: подвижные массы, потоки воздуха, газов и жидкостей, незаземленные источники электрической энергии, неправильное размещение оборудования на рабочем месте. Импульсная опасность, приводящая к травме, мгновенно реализуется в случайные моменты времени и может быть представлена дискретной, случайной функцией производственного процесса. Источниками аккумулятивных опасностей: повышенный шум и вибрация, В результате действия этих факторов организм человека переутомляется, нарушается координация движений, притупляется реакция организма на внешние раздражители. Аккумулятивная опасность реализуется на протяжении всего производственного процесса, представляя его непрерывную функцию, и приводит к повышенному утомлению и заболеваниям [1,10].

### **4.2 Анализ опасных и вредных производственных факторов**

Любое производство связано с наличием тех или иных вредных факторов. Для поддержания здоровья рабочих в нормальном состоянии необходимо выполнять и придерживаться технических, санитарно-гигиенических мероприятий, направленных на создание безопасных высокопроизводительных условий труда.

На рабочих местах, участка присутствуют следующие вредные факторы [20]:

1. Освещенность - Свет является естественным условием жизнедеятельности человека и играет большую роль в сохранении здоровья и высокой работоспособности. Недостаточная освещенность требует не только постоянного напряжения глаз, что приводит к переутомлению и снижению работоспособности, но также может привести к тому, что будут незамечены некоторые погрешности в изготовлении.

2. Опасность травмирования вращающимися частями - При балансировке коленчатого вала вращающиеся части могут стать причиной получения травмы.

3. Опасность поражения электрическим током – На участке имеется оборудование, находящееся под напряжением, поэтому наличие электрооборудования и токоведущих частей при неправильной эксплуатации и не соблюдении правил техники безопасности электроустановок может привести к поражению обслуживающего персонала электрическим током. Большая опасность электрического тока для здоровья и жизни людей обусловлена тем, что проходящий ток не виден человеку и не воспринимается им как источник непосредственной опасности. Поэтому не соблюдение правил техники безопасности изучение основ электротехники лицами, обслуживающими электрические установки и рабочими электрифицированных предприятий должно выполняться в соответствии с правилами техники безопасности при работе с электрическими приборами. Эти факторы резко увеличивают число несчастных случаев на производстве. Опасность поражения человека электрическим током зависит от многих факторов: напряжения в сети, схемы самой сети, режимы ее нейтрали, способы заземления и зануление, а также зависит от емкости токоведущих частей относительно земли. А наибольшую опасность для человека проявляет подключение его к одной фазе в установке с изолирующей нейтралью [14].

6. Шум - Шум как физиологическое явление представляет собой неблагоприятный фактор внешней среды и определяется как звуковой процесс, неблагоприятный для восприятия и мешающий работе и отдыху. По физической природе шум обусловлен процессами работы оборудования. С физической стороны шум характеризуется звуковым давлением, интенсивностью звука, частотой и другими параметрами.

7. Вибрация - Отрицательное влияние на состояние здоровья работающих оказывает вибрация. Причинами, вызывающими вибрацию, являются удары отдельных частей оборудования и машин друг об друга, жесткое крепление вибрирующих частей машин к невибрирующим частям оборудования.

Наиболее опасными и вредными являются: освещенность, загазованность, электрический ток [14].

#### **4.3 Мероприятия улучшению и защите окружающей среды**

Путем применения новейших систем на кузовном участке, таких как современная окрасочно-сушильная камера, с её системой очистки и рециркуляции воздуха (высокая надежность и безопасность продукции подтверждены международным стандартом ISO9000). Позволила добиться снижения и доведения практически до нуля вредных выбросов в атмосферу.

Вывоз использованных расходных материалов, промасленной ветоши, использованной тары, и др. отходов производства. Осуществляется транспортом, с последующим сжиганием в печах [10].

#### **4.4 Физическая культура на производстве**

Производственная гимнастика как элемент научной организации труда должна массово и прочно войти в режим трудового дня. Ей отводится роль профилактического средства поддержания высокой работоспособности на протяжении рабочего дня. Сеченовский феномен активного отдыха - важное условие для плодотворной интеллектуальной деятельности.

Многочисленные научные данные свидетельствуют о том, что чередование умственного труда с выполнением физических упражнений и повышают сопротивляемость организма эмоциональному стрессу и предупреждению процессами, работой анализаторов, точными и быстрыми действиями и т.д.

Основное назначение физических упражнений, которые используются в процессе труда, - снижение профессионального утомления. Оказывая благотворное влияние на организм работающего, физические упражнения регулируют мозговое и периферическое кровообращение. Мышечные движения создают огромное число нервных импульсов, которые обогащают мозг массой ощущений, способствуют устойчивому настроению.

Важно учитывать виды труда, которые отличаются степенью физической нагрузки большим нервно-психическим напряжением (это профессии педагога, врача, инженера, ученого и т.д.).

По степени физической активности и величине нервно-психологического напряжения выделяют медицинских работников, труд которых связан с большой ответственностью за принятие правильного решения, в особенности труд хирургов, отличающийся высоким нервно-эмоциональным напряжением и длительным статическим напряжением мышц в процессе операции.

Перечисленные выше виды труда предъявляют высокие требования к деятельности головного мозга, зрительного анализатора, связанного с напряжением внимания, к продолжительным статическим нагрузкам на мышечный аппарат.

В производственной гимнастике нужно включать специальные упражнения на разгибание туловища, наклоны, вращение в плечевых суставах, повороты, вращение туловищем и другие упражнения [22].

### **Производственная гимнастика на рабочем месте**

Производственная физическая культура - система методически обоснованных физических упражнений физкультурно-оздоровительных и спортивных мероприятий, направленных на повышение и сохранение

устойчивой профессиональной дееспособности. Форма и содержание этих мероприятий определяются особенностями профессионального труда и быта человека. Заниматься ПФК можно как в рабочее, так и в свободное время.

В рабочее время производственная физическая культура (ПФК) реализуется через производственную гимнастику.

Производственная гимнастика - это комплексы специальных упражнений, применяемых в режиме рабочего дня, чтобы повысить общую и профессиональную работоспособность, а также с целью профилактики и восстановления.

Основная задача производственной гимнастики - повышение профессиональной работоспособности трудящихся за счет выполнения специально подобранных упражнений, направленных на восстановление работоспособности в процессе труда, снижение утомления. Одним из условий сохранения высокой профессиональной работоспособности является переключение деятельности (феномен активного отдыха И.М. Сеченова). Таким переключением деятельности и является производственная гимнастика.

Ее гигиеническое значение заключается в оздоровительном эффекте, в улучшении функциональных показателей физического развития и физической подготовленности при систематическом применении в снижении нервно-психического напряжения. Осложняет проведение производственной гимнастики ограниченность во времени, выполнение физических упражнений непосредственно на рабочем месте, в рабочей одежде и т.д.

Производственная гимнастика имеет следующие основные формы.

Вводная гимнастика направлена на скорейшее включение организма в работу. С ее помощью достигается оптимальная возбудимость центральной нервной системы и привычный рабочий ритм, поэтому подбираются движения и ритм, соответствующие предстоящей деятельности. Комплексы вводной гимнастики состоят из 6- 8 упражнений, выполняемых в течение 5-7 мин в начале рабочего дня.

Физкультурная пауза, как форма активного отдыха, позволяет предупредить утомление и способствует поддержанию более высокой работоспособности. Она состоит из 5-7 упражнений и проводится в течение 5-7 мин при появлении первых отчетливых признаков наступающего утомления. Обычно это бывает во второй половине рабочего дня, за 2-2,5 ч до окончания работы. Упражнения для физкультпауз подбираются в зависимости от особенностей трудового процесса.

Физкультурные минутки относятся к малым формам активного отдыха и проводятся в течение 1-2 мин, состоят из 2-3 упражнений. Их целью является снижение местного утомления, возникающего, например, при длительном сидении в рабочей позе, сильном напряжении внимания, зрения и т.п. Чаще всего используются в режиме рабочего дня работников умственного труда - до 5 раз, по мере необходимости в активном отдыхе. Их использование не зависит от того, выполняется физкультпауза и вводная гимнастика или нет.

Микропаузы активного отдыха - самая короткая форма производственной гимнастики, длятся всего 20 - 30 с. Их цель - ослабить утомление.

Физическая нагрузка во время производственной гимнастики зависит от пола, возраста, состояния здоровья и степени подготовленности занимающихся. Поскольку производственный коллектив не однороден, следует ориентироваться на средние показатели по субъективным ощущениям занимающихся во время и после занятий. У них могут возникнуть жалобы на плохое самочувствие, усталость, сердцебиение, головокружение, головную боль и др., а также признаки утомления (покраснение лица, повышенная потливость, одышка и др.). При появлении тех или иных неблагоприятных симптомов необходимо изменить дозировку упражнений - уменьшить темп движений или количество повторений, а при выраженных случаях утомления и жалобах на сердцебиение и головокружение - направить на консультацию к врачу [21].

Организация занятий производственной гимнастикой во многом основывается на требованиях гигиены и физиологии труда. Кроме того, необходимы надлежащие гигиенические условия в местах занятий. Гимнастика проводится в цехах, непосредственно у рабочего места, в проходах или расположенных вблизи коридорах и подсобных помещениях, удовлетворяющих гигиеническим требованиям. В теплый период года занятия по возможности следует проводить на открытом воздухе.

Проведение гимнастики на рабочих местах экономит время, но не всегда возможно из-за неудовлетворительного санитарного состояния окружающей среды. Поэтому при организации производственной гимнастики предполагаемое место занятий обследуется в санитарном отношении с привлечением инженера по технике безопасности. Когда это необходимо, проводят специальные гигиенические исследования заводская лаборатория, здравпункт или санэпидемстанция. С целью оценки мест занятий и определения контингента занимающихся в паспортизации отделов и цехов принимают участие медицинский работник и санитарный врач.

При определении условий профессионального труда и наличия вредностей учитывают характер трудового процесса (рабочая поза, степень нервно-психического и мышечного напряжения), особенности технологического процесса и производственного оборудования (степень механизации и автоматизации производственных процессов, герметичность оборудования, удобство его обслуживания и т.п.) и санитарно-гигиеническую обстановку (метеорологические условия, загрязнение воздуха пылью и газами, шум, вибрация, ионизирующая радиация, освещенность и др.) [22].

Запрещается проводить занятия при температуре воздуха выше 25°C и влажности выше 70%, при наличии в воздухе даже незначительных количеств ядовитых веществ, при повышенном или пониженном барометрическом давлении, при шуме свыше 70дБ. Оценка степени загрязнения воздуха производственных помещений газами и пылью

проводится на основании сравнения с предельно допустимыми концентрациями этих веществ в рабочей зоне (мг/м<sup>3</sup>): аммиак - 20, бензин - 300, окись углерода - 20, пары ртути - 0,01, сероводород - 10; пыль нетоксическая, не содержащая двуокиси кремния - до 10, содержащая двуокись кремния - 2, пыль стеклянная и минерального волокна - 4.

В помещениях, где проводится производственная гимнастика, необходимо постоянно поддерживать чистоту, перед занятиями проветривать. В помещениях должно быть достаточно свободной площади. Санитарными нормами на промышленных предприятиях предусматривается ширина проходов между станками не более 1,5 м. Такая же ширина считается минимальной для групповых занятий гимнастикой. В среднем на каждого занимающегося должно приходиться не менее 1,5 м<sup>2</sup> свободной площади пола.

Место, выбранное для занятий, должно быть безопасным. У станков и машин, находящихся рядом с местами для занятий гимнастикой, все открытые и движущиеся части (гребенки, зубчатые сегменты, маховые колеса и т.п.), а также открытые передачи (шкивы, ремни и др.) и вообще все опасные части должны иметь конструктивные ограждения.

На места занятий гимнастикой распространяются и другие правила безопасности: ограждение проводов высокого напряжения, ограждение от непосредственного влияния лучистой энергии и др.

Во избежание травм при занятиях гимнастикой полы должны быть гладкими, нескользкими, удобными для уборки. Перед занятиями (не позже чем за 30 мин) в производственном помещении следует произвести влажную уборку (перед подметанием посыпать пол влажными опилками) [21].

### **Заключение**

Движение, в широком понимании этого слова, является основным биологическим раздражителем, стимулирующим процессы биологического роста и развития, поддерживающим и развивающим функциональные проявления организма. Ограниченное использование движений, характерное

для режима работы людей умственного труда, нередко приводит к известной дисгармонии между нервно психическими и физическими раздражителями.

Это обстоятельство является одной из причин развития некоторых заболеваний и функциональных отклонений в системах человеческого организма, особенно его нервной системы, что приводит к понижению общей работоспособности.

Серьезным средством предупреждения функциональных расстройств, а также устранения уже имеющихся расстройств (если они не приобрели стойкого характера) являются регулярные занятия гимнастикой.

Систематические занятия физическими упражнениями оказывают всестороннее положительное воздействие на организм человека. Основные черты этого воздействия характеризуются улучшением функциональной деятельности нервной, сердечно сосудистой и дыхательной систем и пищеварительного аппарата, стимуляцией процессов тканевого обмена и укреплением мышечной системы и приводят к повышению общей устойчивости и работоспособности организма.

## 5 ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ

### 5.1 Технико-экономическая оценка конструкторской разработки

Затраты на изготовление и модернизацию конструкции определяют по формуле [6]:

$$C_{ц.констр.} = C_k + C_{о.д} + C_{п.д} \cdot K_{нац} + C_{сб.п} + C_{оп} + C_{накл}, \quad (5.1)$$

где  $C_k$  – стоимость изготовления корпусных деталей, руб.;

$C_{о.д}$  – затраты на изготовление оригинальных деталей, руб.;

$C_{п.д}$  – цена покупных деталей, изделий, агрегатов по прейскуранту;

$C_{сб.п}$  – заработная плата производственных рабочих, занятых на сборке конструкции, руб.;

$C_{оп}$  – общепроизводственные накладные расходы на изготовление конструкции, руб.;

$C_{накл}$  – накладные расходы, руб.;

$K_{нац}$  – коэффициент, учитывающий разницу между прейскурантной ценой и балансовой стоимостью конструкции ( $K_{нац}=1,4 \dots 1,5$ ).

Масса конструкции определяется по формуле [6]:

$$G = (G_k + G_r) \cdot k, \quad (5.2)$$

где  $G_k$  – масса сконструированных деталей, узлов и агрегатов, кг ;

$G_r$  – масса готовых деталей, узлов и агрегатов, кг ;

$k$  – коэффициент учитывающий массу расходуемых на изготовление материалов, ( $k=1,05 \dots 1,15$ ).

Расчет масс сконструированных деталей, узлов и агрегатов вводим в таблицу 5.1.

Таблица 5.1- Расчет масс сконструированных деталей

| Наименование<br>деталей | Количество | Масса детали,<br>кг |
|-------------------------|------------|---------------------|
| Уголок<br>поперечный    | 4          | 80                  |

Продолжение таблицы 5.1

|                      |   |     |
|----------------------|---|-----|
| Уголок<br>продольный | 2 | 70  |
| Косынка              | 8 | 90  |
| Прочие               | 1 | 260 |
| Итого                |   | 500 |

Таблица 5.2 - Массы готовых деталей, узлов, агрегатов

| Наименование деталей | Масса деталей, кг |
|----------------------|-------------------|
| Крепежные изделия    | 2,2               |
| Прочие изделия       | 3,5               |
| Итого                | 5,7               |

Масса сконструированных изделий:  $G_k = 500$  кг;

Масса готовых изделий и агрегатов:  $G_r = 5,7$  кг;

Масса всей установки:

$$G = (500 + 5,7) \cdot 1,1 = 556 \text{ кг.}$$

Балансовая стоимость новой конструкции определяется по формуле:

$$C_{61} = C_{60} \cdot G_0 \cdot \sigma / G_1 \quad (5.3)$$

где  $C_{60}$ ,  $C_{61}$  - балансовые стоимости существующей и проектируемой конструкций, руб.;

$G_0$ ,  $G_1$  - массы существующей и проектируемой конструкций, кг;

$\sigma$  - коэффициент учитывающий дешевизну изготовления 0,9-0,95.

$$C_{61} = 435000 \cdot 440 \cdot 0,95 / 556 = 325332 \text{ руб.}$$

Балансовая стоимость проектируемой конструкции вполне приемлема.

Таблица 5.3 – Техничко - экономические показатели.

| Наименование<br>показателей | Ед. изм. | Существ.<br>констр. | Проект.<br>констр. | Проект в % к<br>аналогу |
|-----------------------------|----------|---------------------|--------------------|-------------------------|
| Масса конструкции           | кг       | 440                 | 500                | 108                     |

Продолжение таблицы 5.1

|                                 |           |        |        |     |
|---------------------------------|-----------|--------|--------|-----|
| Балансовая стоимость            | руб       | 435000 | 325332 | 84  |
| Кол-во обслуживающего персонала | чел       | 1      | 1      | -   |
| Норма амортизации               | %         | 11     | 10     | 90  |
| Норма затрат на ремонт и ТО     | %         | 10     | 8      | 80  |
| Срок службы                     | лет       | 10     | 10     | 100 |
| Годовая программа               | час       | 320    | 320    | -   |
| Металлоемкость                  | кг/ ед.   | 0,25   | 0,38   | 77  |
| Фондоемкость                    | руб./ед.  | 650    | 620,8  | 85  |
| Трудоемкость                    | чел.ч./ед | 0,2    | 0,2    | -   |
| Уровень эксплуатационных затрат | руб./ед   | 2758   | 2648,6 | 91  |
| Уровень приведенных затрат      | руб./ед   | 8236   | 8050   | 82  |

Определяем металлоемкость конструкции [6]:

$$M_e = G / (W_z \cdot T_{\text{год}} \cdot T_{\text{сл}}), \quad (5.4)$$

где  $G$  - масса конструкции, кг;

$M_e$  – металлоемкость, кг/шт;

$T_{\text{год}}$  - годовая загрузка, ч;

$T_{\text{сл}}$  – срок службы, лет;

$W_z$  – часовая производительность, ед/ч.

Для проектируемой конструкции принимаем примерно  $W_z = 5$  ед/ч.

$$M_e^1 = 500 / (5 \cdot 120 \cdot 3) = 0,38 \text{ кг/ед.}$$

$$M_e^0 = 440 / (5 \cdot 120 \cdot 3) = 0,25 \text{ кг/ед.}$$

Фондоемкость конструкции определяется по формуле [1]:

$$F_e = C_{\text{б}} / (W_z \cdot T_{\text{год}}), \text{ руб./ед ;} \quad (5.5)$$

$$F_e^1 = 325332 / (5 \cdot 120) = 620,8 \text{ руб/ ед.}$$

$$F_e^0 = 435000 / (5 \cdot 120) = 650 \text{ руб./ед.}$$

Трудоемкость процесса определяется по формуле [6]:

$$T_e = p_p / W_z, \quad (5.6)$$

где  $p_p$  – количество обслуживающих рабочих, чел.

$$T_e^1 = 1 / 5 = 0,2 \text{ чел. ч/ед.}$$

$$T_e^0 = 1 / 5 = 0,2 \text{ чел. ч/ед.}$$

Определяем себестоимость работы выполняемый с помощью проектируемой конструкции по формуле [6]:

$$S = C_{зп} + C_э + C_{рто} + A, \quad (5.7)$$

где  $C_{зп}$  – затраты на зарплату, руб./ед;

$C_{рто}$  – затраты на ремонт и ТО, руб./ед;

$A$  – затраты на амортизацию руб. / ед;

$C_э$  – затраты на электроэнергию руб. /ед.

Затраты на заработную плату определяются:

$$C_{зп} = z \cdot T_e \quad (5.8)$$

где  $z$  – часовая тарифная ставка, руб.

$$z = 100 \text{ руб.}$$

$$C_{зп} = 100 \cdot 5 = 500 \text{ руб/ед.}$$

Затраты на ремонт и ТО определяют по формуле [6]:

$$C_{рто} = C_б \cdot N_{рто} / (100 \cdot W_ч \cdot T_{год}), \quad (5.9)$$

где  $N_{рто}$  – суммарная норма затрат на РТО, %.

$$C_{рто}^1 = 325332 \cdot 8 / (100 \cdot 5 \cdot 4) = 190,6 \text{ руб./ед.}$$

$$C_{рто}^0 = 435000 \cdot 10 / (100 \cdot 5 \cdot 4) = 200,6 \text{ руб./ед.}$$

Затраты на амортизацию определяют по формуле [6]:

$$A = C_б \cdot a / (100 \cdot W_ч \cdot T_{год}), \quad (5.10)$$

где  $a$  – норма амортизации, %.

$$C_a^1 = 325332 \cdot 10 / (100 \cdot 5 \cdot 4) = 1900,6 \text{ руб./ед.}$$

$$C_a^0 = 435000 \cdot 11 / (100 \cdot 5 \cdot 4) = 2000,7 \text{ руб./ед.}$$

Затраты на электроэнергию определяют по формуле, [6]:

$$C_э = 57 \text{ руб.}$$

Себестоимость работы спроектированной конструкции определяют по формуле [6]:

$$S^1 = 500 + 190,6 + 1900,6 + 57 = 2648,6 \text{ руб./ед.}$$

$$S^0 = 500 + 200,7 + 2000,7 + 57 = 2758 \text{ руб./ед.}$$

Уровень приведенных затрат определяют по формуле:

$$C_{\text{пр}} = S + E_n \cdot k, \quad (5.11)$$

где  $C_{\text{пр}}$  – уровень приведенных затрат, руб.

$E_n$  – нормативный коэффициент капитальных вложений,  $E_n = 0,15$ .

$k$  – удельные вложения или фондоемкость процесса, руб./ед.

$$C_{\text{пр}}^1 = 2648,6 + 0,15 \times 22500 = 8050 \text{ руб./ед.}$$

$$C_{\text{пр}}^0 = 2758 + 0,15 \times 22500 = 8236 \text{ руб./ед.}$$

Годовую экономию определяют по формуле [6]:

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = (S_0 - S_1) \cdot W_{\text{ч}} \cdot T_{\text{год}}, \quad (5.12)$$

где  $(S^0 - S^1)$  – себестоимость РТО в хозяйстве и по проекту, руб./ед.

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = 110,6 \cdot 5 \cdot 120 = 66240 \text{ руб.}$$

Годовой экономический эффект определяют по формуле:

$$E_{\text{год.эф.}} = \mathcal{E}_{\text{год}} - E_n \cdot \Delta K = \mathcal{E}_{\text{год}} - E_n \cdot C_{\text{о.п.ф}}^0 - C_{\text{о.п.ф}}^1, \quad (5.13)$$

где  $(C_{\text{прив}}^0 - C_{\text{прив}}^1)$  – разница приведенных затрат аналога и конструкции, руб./ед.

$$E_{\text{год}} = 66240 - 0,15 \cdot 22500 = 62865 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости дополнительных капиталовложений находим по формуле [6]:

$$T_{\text{ок}} = C_{\text{б1}} / \mathcal{E}_{\text{год}}; \quad (5.14)$$

где  $T_{\text{ок}}$  – срок окупаемости дополнительных вложений, лет;

$$T_{\text{ок}} = 325332 / 66240 = 2,7 \text{ лет.}$$

Коэффициент эффективности дополнительных капиталовложений определяют по формуле [6]:

$$E_{\text{эф}} = 1 / T_{\text{ок}} \quad (5.15)$$

,где  $E_{\text{эф}}$  – коэффициент эффективности дополнительных капиталовложений.

$$E_{\text{эф}} = 1 / 2,7 = 0,37.$$

## ВЫВОДЫ

В данной выпускной квалификационной работе была рассмотрена теория балансировки коленчатого вала двигателя грузового автомобиля и произведен технологический расчет.

Осуществлена углубленная разработка участка ремонта силовых агрегатов и расчет затрат для его работы и нормального функционирования. Произведена оценка технологичности и безопасности работ на участке, разработаны все необходимые мероприятия по улучшению условий работы персонала. Малоотходная ресурсосберегающая технология восстановления позволила уменьшить вредное воздействие на окружающую среду и может внести вклад в экономию природных ресурсов.

Сконструирована установка для балансировки одноосных деталей вращения и произведен силовой и прочностной расчёт её механизмов.

Экономические расчеты подтверждают целесообразность разработанных в проекте мероприятий. В результате годовая экономия составила примерно 66240 рублей, срок окупаемости дополнительных капитальных вложений составила 2,7 лет, а коэффициент эффективности дополнительных капитальных вложений равна 0,37.

Выполненные разработки могут быть приняты на практике конструкторскими организациями и отдельными автотранспортными предприятиями.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хафизов К.А. Выпускная квалификационная работа / Хафизов К.А. Хафизов Р.Н. – Казань: Издательство Казанского ГАУ, 2014. – 280 с.
2. Курсовое проектирование по ремонту машин. Методические указания подготовлены Жуленковым В. И., Кондратьевым Г. И., Фасхутдиновым Х.С, Муртазиным Г. Р. Казань, 1995.
3. Александров М.Г. Подъемно-транспортные машины / М.Г. Александров. – М.: Высшая школа, 1985. – 326 с.
4. Андреев П.А. Технический сервис в сельском хозяйстве / П.А. Андреев, В.М. Баутин. - М., 1993. – 246 с.
5. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3-х т. / В. И. Анурьев. – М.: Машиностроение, 2001. – Т. 2. – 1086 с.
6. Булгариев, Г.Г. Методические указания по экономическому обоснованию дипломных проектов и выпускных квалификационных работ (для студентов ИМиТС) /Г.Г. Булгариев, Р.К. Абдрахманов, А.Р. Валиев. – Казань: Издательство Казанского ГАУ, 2009. – 64 с.
7. Гуревич Д. Ф. Ремонтные мастерские совхозов и колхозов / Д. Ф. Гуревич, А. А. Цирин. – М.: Агропромиздат, 1988. – 340 с.
8. Детали машин и основы конструирования / М. Н. Ерохин, А. В. Карп, Е. И. Соболев и др. – М.: «Колос», 2004. – 463 с.
9. Дипломное проектирование: Учебно - методическое пособие по специальности «Технология обслуживания и ремонта машин в агропромышленном комплексе». Под редакцией Хафизова К.А.- Казань.: КГСХА, 2004.-316с. Учебное пособие.
10. Канарев Ф.М. Охрана труда / Ф. М. Канарев. – М.: Агропромиздат, 1988. – 359 с.
11. Методическое указание по проектированию предприятий технического сервиса в сельском хозяйстве. Разработано доц., кандидат тех.

Наук Жуленков В. И. , Фасхутдинов Х.С. Офсет КазГАУ –Казань, 1995 стр63.

12. Курчаткин В. В. Надежность и ремонт машин / В. В. Курчаткин. – М.: «Колос», 2000. – 863 с.

13. Матвеев В.А. Техническое нормирование ремонтных работ в сельском хозяйстве / В. А. Матвеев. - М.: Колос, 1989. – 280 с.

14. Матрюков Б.С. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Учеб для студ. ВУЗ.- 2-е изд., стер. -М.: Издательский центр «Академия», 2004.- 336 с.

15. Смелов А.П. Курсовое и дипломное проектирование по ремонту машин / А.П. Смелов, И.С.Серый. – М.: Колос, 1987. – 192 с.

16. Тельнов Н.Ф. Ремонт машин / Н. Ф. Тельнов. – М.: «Агропромиздат», 1992. – 540 с.

17. Техническое обслуживание и ремонт машин / И.Е. Ульман, Г.С. Игнатов, В.А. Борисенко и др. – М.: «Агропромиздат», 1990. - 380 с.

18. Черепанов С.С. Оборудование для текущего ремонта сельскохозяйственной техники / С. С. Черепанов, А.А. Афанасьев. – М.: «Колос», 1991. – 256 с.

19. Шевченко П.И. Справочник слесаря по ремонту тракторов / П. И. Шевченко – Л.: «Машиностроение», 1989. – 335 с.

20. Кузнецов Ю. М. Охрана труда на предприятиях автомобильного транспорта. – М.: Транспорт, 1986.

21. Основы теории и методики физического воспитания: учебное пособие / Отв. ред. Г.В. Валеева. - Уфа: Изд-во УГНТУ, 2010.

22. Физическая культура: учебное пособие / Под редакцией В.А. Коваленко. - М.: Изд-во АСВ, 2000.- 432 с.

# СПЕЦИФИКАЦИЯ