

**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 квалификации (степени) «бакалавр»

Тема: ПРОЕКТ УЧАСТКА РЕМОНТА ДВИГАТЕЛЕЙ С РАЗРАБОТКОЙ
СТЕНДА ДЛЯ ХОЛОДНОЙ ОБКАТКИ

Шифр ВКР 35.03.06.374.18.СХО.00.00.ПЗ

Студент группы 2442с _____ Закиров Р.А.
подпись Ф.И.О.

Руководитель ст. преподаватель _____ Нурмиев А.А.
ученое звание подпись Ф.И.О.

Обсужден на заседании кафедры и допущен к защите (протокол № 6 от 12
февраля 2018 г.)

Зав. кафедрой профессор, д.т.н. _____ Хафизов К.А.
ученое звание подпись Ф.И.О.

Казань – 2018 г.

**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./
«10» декабря 2017 г.

**ЗАДАНИЕ
на выпускную квалификационную работу**

Студенту Закирову Р.А.

Тема ВКР: ПРОЕКТ УЧАСТКА РЕМОНТА ДВИГАТЕЛЕЙ С
РАЗРАБОТКОЙ СТЕНДА ДЛЯ ХОЛОДНОЙ ОБКАТКИ

утверждена приказом по вузу от «12 »января 2018 г. № 11

1. Срок сдачи студентом законченной ВКР: 05.02.2018

2. Исходные данные: материалы собранные в период преддипломной
практики, справочники, книги по тематике
ВКР

3. Перечень подлежащих разработке вопросов: 1. Анализ способов обкатки
двигателей; 2. Проект участка ремонта двигателей; 3. Стенд для холодной
обкатки двигателей, 4. Разработка мероприятий по безопасности
жизнедеятельности и охране окружающей среды; 5. Экономическое
обоснование

4. Перечень графических материалов: 1. План участка ремонта двигателей; 2. Обзор существующих способов обкатки , 3.,4,5 Конструктивная разработка ,6 Технологическая карта на обкатку, 7. Экономическое обоснование

5. Консультанты по ВКР

Раздел (подраздел)	Консультант
Безопасность жизнедеятельности	Гаязиев И.Н.
Экономическое обоснование	Сафиуллин И.Н.
Конструкторская часть	Пикмуллин Г.В.

6. Дата выдачи задания 10.12.2017

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

№ п/п	Наименование этапов ВКР	Срок выполнения	Примечание
1	Состояние вопроса (обзор литературы)	06.01.2018	
2.	Разработка технологической и конструкторской части	28.01.2018	
3	Оформление ПЗ	04.02.2018	

Студент _____ (Закиров Р.А.)

Руководитель ВКР _____ (Нурмиев А.А.)

АННОТАЦИЯ

К выпускной квалификационной работе Закирова Р.А. «Проект участка ремонта двигателей с разработкой стенда для холодной обкатки».

Выпускная квалификационная работа состоит из пояснительной записки на 74 страницах машинописного текста и графической части на 7 листах. Записка состоит из введения, 5 разделов, выводов и предложений, и включает 4 рисунков и 10 таблиц. Список используемой литературы содержит 22 наименований.

В первом разделе дан анализ технологического процесса обкатки двигателей внутреннего сгорания.

Во втором разделе приведен технологический расчет участка ремонта двигателей.

В третьем разделе приведена обоснование разрабатываемой конструкции стенда для холодной обкатки двигателей, дано описание проектируемой конструкции, проведены конструктивные расчеты.

В четвертом разделе рассмотрены требования охраны труда и безопасность жизнедеятельности в условиях эксплуатации техники с данной конструкцией и рассмотрены вопросы по охране окружающей среды.

В пятом разделе проведены расчеты по экономическому обоснованию разрабатываемой конструкции.

Пояснительная записка также содержит выводы и предложения, список использованной литературы и спецификации.

ABSTRACT

For final qualifying work Zakirov R.A. "The project area of repair of engines with the development of the stand for the cold running".

Final qualifying work consists of the explanatory note 74 pages of typewritten text and graphic parts on 7 sheets. The note consists of introduction, 5 sections, conclusions and proposals, and includes 4 figures and 10 tables. The bibliography contains 22 items.

In the first section, analysis of the process of running internal combustion engines.

The second section provides a technological calculation part repair engines.

The third section describes the case design of the stand for cold running engines, a description of the projected design, conducted design calculations.

The fourth Chapter deals with the requirements of the occupational health and safety in the operation conditions of the equipment with the design and considers the issues of environmental protection.

In the fifth section the calculations for the economic justification of the developed designs.

The explanatory Memorandum also contains conclusions and suggestions, references and specifications.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	8
1 АНАЛИТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	10
1.1 Анализ способов холодной обкатки двигателей.....	18
1.2 Анализ способов горячей обкатки двигателей.....	19
1.3 Анализ существующих средств для приработки двигателей.....	22
1.4 Пути повышения качества приработки двигателей.....	23
1.5 Анализ влияния состояния поверхностного слоя на прирабатываемость деталей двигателя.....	24
1.6 Анализ влияния упрочняющей финишной обработки на качество поверхностей трения деталей	24
1.7 Влияние микро- и макрогеометрии поверхностей трения на прирабатываемость деталей двигателя.....	26
2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	27
2.1. Выбор исходных данных.....	27
2.2. Разработка графика согласования ремонтных операций.....	27
2.3. Расчет производственных рабочих, инженерно-технического и другого персонала.....	28
2.4. Расчет подбора оборудования.....	30
2.5. Расчет площадей участка ремонта двигателей.....	31
3 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ.....	36
3.1 Назначение, устройство и принцип действия обкаточного стенда	36
3.2 Выбор электродвигателя для привода коленчатого вала ДВС.....	41
3.3 Расчет резьбы стойки стенда.....	42
3.4 Гидравлический расчет.....	46
3.4.1 Расчет трубопроводов.....	46
3.4.2 Расчет потерь давления во всасывающем трубопроводе.....	47
3.4.3 Расчет потерь давления в напорной и сливной гидролиниях.....	48

4 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ	50
4.1 Инструкция при работе со стендом для холодной обкатки со статико динамическим нагружением.....	50
4.2 Электробезопасность.....	52
4.3 Расчет заземления	52
4.4 Экологическая безопасность.....	55
4.5 Физическая культура на производстве.....	57
5 ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ.....	60
5.1 Расчет затрат на изготовление стенда для обкатки двигателя ЯМЗ-236.....	60
5.3 Расчет экономической эффективности стенда для обкатки двигателей ЯМЗ-236.....	64
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	71
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	72
СПЕЦИФИКАЦИИ.....	74

ВВЕДЕНИЕ

Не смотря на трудное экономическое положение не только в России, но и во всем мире количество транспорта, имеет положительную динамику в сторону роста. Состояние транспорта необходимо в установленные сроки проверять на специализированных предприятиях по ремонту. От этого зависит ресурс, безопасность и другие показатели.

В своей выпускной квалификационной работе мы рассмотрели проблемы обкатки двигателей после капитального ремонта.

Существующее представление, что на время обкатки двигателя можно заливать самое дешевое, а значит, низкокачественное масло, в корне неверно. Как раз во время обкатки детали работают в самом напряженном режиме, так как их поверхности соприкасаются между собой только вершинками микронеровностей, всегда остающихся после механической обработки.

В такой ситуации нагрузка, рассчитанная на всю площадь соприкосновения, «ложится» только на ту часть поверхности пар трения, которая несколько выступает над впадинками. При этом происходит повышенное локальное нагревание деталей по причине усиленного трения в сопряжении. Объясняется это тем, что вершинки с обеих сторон имеют довольно острую форму, что и вызывает излишнее трение, ситуацию усугубляет пониженный отвод тепла на массу детали. Если в этот момент дать двигателю (или иному механизму) полную нагрузку, локальный разогрев вершинок может вызвать их оплавление и последующие неустраняемые задиры металла, которые в лучшем случае негативно повлияют на ресурс сопряжения. Задиры возникают в результате оплавления и сваривания верхних частей микро выступов между собой. Таким образом происходит вырывание материала с обеих частей пары трения с последующим их перемещением в зазоре, что дополнительно разрушает поверхности соприкосновения деталей. Нередко в таких случаях происходит полное либо частичное заклинивание сопряжений.

По этим причинам в период обкатки чрезмерная нагрузка и дешевое масло с его, как правило, слабыми противозадирными присадками двигателю категорически противоотображены. Также противоотображены разного рода ресурсосберегающие присадки, увеличивающие период обкатки, в некоторых случаях (при применении восстанавливающих присадок) способные заклинить еще не «оформившееся» по зазору сопряжение.

Задачей ВКР было предложить технологию и конструктивное решение по обкатке двигателей.

1. АНАЛИТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Для чего нужна обкатка двигателя?

Обкатка двигателя выполняется в случаях, когда двигатель был только что выпущен заводом изготовителем или после его капитального ремонта. Обкатка двигателя, как правило, длится 2 – 3 тысячи километров.

Соблюдение режима обкатки двигателя необходимо по причине того, что новые детали нуждаются в «притирке». Новые детали двигателя изготавливаются с помощью режущего инструмента, и даже при 100% соблюдении технологии их изготовления, не удастся получить абсолютно гладкие поверхности. Все равно, после обработки, при рассмотрении под микроскопом, вы увидите не гладкую, а похожую на горный ландшафт поверхность.

Во время «притирки» деталей, микронеровности сталкиваются между собой и сглаживаются. Этот процесс сопровождается повышенным трением, температурой, именно поэтому необходимо соблюдение режима обкатки двигателя и применение специальных антизадирных препаратов. Известно, что ресурс неправильно обкатанного двигателя составляет не более 30% от нормально обкатанного, а хорошо обкатанный двигатель прослужит вам на протяжении нескольких сотен тысяч километров.

Главная цель обкатки – это сглаживание микронеровностей при минимальных нагрузках на двигатель.

Существующее представление, что на время обкатки двигателя можно заливать самое дешевое, а значит, низкокачественное масло, в корне неверно. Как раз во время обкатки детали работают в самом напряженном режиме, так как их поверхности соприкасаются между собой только вершинками микронеровностей, всегда остающихся после механической обработки.

В такой ситуации нагрузка, рассчитанная на всю площадь соприкосновения, «ложится» только на ту часть поверхности пар трения, которая несколько выступает над впадинками. При этом происходит

повышенное локальное нагревание деталей по причине усиленного трения в сопряжении. Объясняется это тем, что вершинки с обеих сторон имеют довольно острую форму, что и вызывает излишнее трение, ситуацию усугубляет пониженный отвод тепла на массу детали. Если в этот момент дать двигателю (или иному механизму) полную нагрузку, локальный разогрев вершинок может вызвать их оплавление и последующие неустраняемые задиры металла, которые в лучшем случае негативно повлияют на ресурс сопряжения. Задиры возникают в результате оплавления и сваривания верхних частей микро выступов между собой. Таким образом происходит вырывание материала с обеих частей пары трения с последующим их перемещением в зазоре, что дополнительно разрушает поверхности соприкосновения деталей. Нередко в таких случаях происходит полное либо частичное заклинивание сопряжений.

По этим причинам в период обкатки чрезмерная нагрузка и дешевое масло с его, как правило, слабыми противозадирными присадками двигателю категорически противопоказаны. Также противопоказаны разного рода ресурсосберегающие присадки, увеличивающие период обкатки, в некоторых случаях (при применении восстанавливающих присадок) способные заклинить еще не «оформившееся» по зазору сопряжение.

Исходя из многолетнего опыта, можно порекомендовать режим обкатки, несколько отличающийся от заводских рекомендаций, основанных на том, что вся механическая обработка деталей полностью производится на современном заводском оборудовании и в полном соответствии с технологическими требованиями. В жизни, увы, технология довольно часто не соблюдается. Причины этого можно перечислять бесконечно.

В первоначальный период (сразу после установки двигателя), учитывая не совсем качественную обработку деталей в наших суровых условиях, есть смысл «погонять» двигатель на режимах холостого хода несколько дольше рекомендуемого времени и только затем, плавно увеличивая нагрузку, производить первый выезд. Некоторая потеря времени за счет более мягких

условий первичной обкатки позволит «новорожденному» наиболее безболезненно адаптироваться к последующим нагрузкам.

Предлагаемый режим обкатки в гаражных условиях не предполагает наличие обкаточных стендов и прочего дорогостоящего оборудования, что, как показала практика, не влияет (отрицательно) на ресурс капитально отремонтированных моторов.

Самый ответственный момент после установки двигателя на автомобиль — это его первый запуск, пожалуй, с него и начнем:

1. Заряжаем аккумуляторную батарею до ее максимальной емкости, в противном случае первый запуск двигателя с его «тугим» вращением коленчатого вала она может не осилить. Не забудьте проверить состояние стартера, он должен быть полностью исправен.

2. Заливаем качественное моторное масла (учитывая его диапазон рабочих температур в зависимости от условий окружающей среды) до верхней метки масляного щупа, не забывая про тот момент, что масло — жидкость довольно густая и в поддон сразу не попадает. По этой причине для ускорения процесса заправки лучше всего заранее отмерить необходимое количество масла. Масляный фильтр при монтаже должен быть сухим. Всеобщее заблуждение, что его перед монтажом необходимо заполнять маслом. Это ошибка, которая «позволит» двигателю работать «на голодном пайке» в самый неподходящий для этого момент — первый запуск двигателя. Причиной тому служит воздушная пробка, которую создает пропитанный маслом фильтрующий элемент.

Эффект быстрого появления давления масла в магистрали основан вовсе не на том, что фильтрующий элемент заранее пропитан (что, по мнению многих ремонтников, сокращает время появления давления). Дело в том, что масло, стекая из заполненного маслом фильтра, смачивает сухие шестерни масляного насоса, что и позволяет ему быстро «включиться» в работу. Если смочить эти шестерни заранее, через отверстие для подачи масла к фильтру (непосредственно перед его установкой), давление появляется гораздо

быстрее. Еще лучше, если часть приготовленного для заливки масла, перед самым запуском подать в магистраль принудительно, через резьбовое отверстие датчика давления. Тогда оно будет находиться в сопряжениях еще до того, как запустится двигатель и насос вступит в работу. В этом случае не стоит «проливать» систему смазки всем имеющимся для этого маслом, примерно половину оставьте для газораспределительного механизма, который, как правило, находится непосредственно под маслоналивной горловиной. В гаражных условиях это можно проделать с помощью старого шинного насоса, удалив из него обратный клапан и изготовив соответствующий резьбовой переходник.

Как вариант, можно применить корпус паяльной лампы. Головка паяльной лампы в этом случае откручивается, вместо нее временно устанавливается переходной шланг из маслостойкой резины с соответствующим резьбовым наконечником и заборной трубкой. Далее в баллон лампы заливается моторное масло, шланг вставляется в отверстие маслоналивной горловины, затем создается необходимое давление (его можно создать шинным насосом или компрессором, изготовив резьбовую пробку с шинным вентилем, устанавливаемую вместо штатного насоса лампы).

Это же приспособление позволит заливать масло в такие труднодоступные места, как картер главной передачи и КПП.

3. Если двигатель карбюраторный (или дизельный), то есть не имеющий электрического топливного насоса, подаем топливо вручную до заполнения поплавковой камеры карбюратора (или до поступления дизельного топлива к насосу высокого давления). Если насос с механическим приводом не имеет рукоятки подкачки топлива, закрываем дренажное отверстие топливного бака, снимаем подводящую трубку со штуцера насоса и, накачав через нее в бак немного воздуха, вновь устанавливаем ее на штатное место. Топливо под некрупным давлением быстро заполнит систему питания без применения стартера.

4. Прикрываем воздушную заслонку (если она не имеет автоматического привода) в соответствии с температурой окружающей среды.

5. Запускаем двигатель стартером, обязательно контролируя появление давления моторного масла в магистрали, используя для этого прямой манометр или индикаторы на приборной панели. Если впервые 3–4 секунды работы на холостом ходу «жизненно необходимое» давление не появится, срочно глушим двигатель (во избежание следующего капитального ремонта) и пытаемся устранить возникший дефект, для начала более внимательно изучив п. 2 данной главы.

Предупреждение! Здесь будьте аккуратны, излишки воздуха способны безвозвратно увеличить объем топливного бака вашего транспортного средства.

«Газовать» в таком случае дело бесполезное и даже чрезвычайно вредное — увеличенная нагрузка и отсутствие необходимого количества масла в сопряжениях быстро и безвозвратно выведут их из строя. Особенно долго масло «добирается» до места назначения в холодный период, поэтому лучше всего будет, если его перед запуском подогреть до рабочей температуры любым доступным способом. Еще лучше, если и блок двигателя будет иметь положительную температуру. Интенсивнее испаряющееся топливо в этом случае будет меньше смывать масляную пленку со стенок цилиндров, особенно необходимую в первоначальный момент приработки ЦПГ.

6. Если давление масла поднялось до номинальной величины (как правило, в среднем это 3,5–4 кг/см²), прогреваем двигатель на холостых оборотах (обычно около 750–800 об/мин) до номинальной температуры (85–93°C). Но мере разогрева двигателя постоянно контролируем не только температуру и давление, но и появление разного рода утечек технических жидкостей, особенно часто появляющихся на первоначальном этапе обкатки.

После включения вентилятора радиатора (если он с электроприводом) ждем его «отработки» и глушим двигатель. В момент первоначального

разогрева двигателя из-под капота довольно энергично выходят клубы сизого дыма. Явление, пугающее любого начинающего ремонтника, вполне безобидно — это обгорает слой масла, «занесенный» на сильно разогревающиеся части двигателя при его сборке и установки. После непродолжительного периода времени дымление исчезнет само собой и больше появляться не должно.

По мере повышения температуры охлаждающей жидкости давление масла должно падать (так как при нагреве оно становится более жидким). Это нормальный процесс, но оно не должно падать ниже допустимого значения (для большинства двигателей оно находится в пределах 0,4–0,8 кг/см²). Падение давления масла ниже допустимого (на холостом ходу) после полного разогрева двигателя говорит о том, что при сборке были допущены ошибки (зазоры в сопряжениях получились больше допустимых, масляный насос не имеет должной производительности) или масло залито низкого качества (или не по сезону).

После того как двигатель остынет до температуры охлаждающей жидкости 30–40°C, запускаем его снова. Обычно 15–20 таких циклов достаточно для перехода к его обкатке на более высоких оборотах.

7. Постепенно, в несколько этапов (1000 об/мин — 3 мин, 1500 об/мин — 4 мин и 2000 об/мин — 5 мин), поднимаем обороты до 2000 об/мин, не забывая контролировать появление стуков и отсутствие разного рода утечек. Появление посторонних звуков недопустимо, во избежание серьезных поломок двигатель необходимо сразу остановить, затем отыскать и устранить неисправность.

8. Далее производим обкатку с частичной нагрузкой (на ходу), не загружая автомобиль и не превышая скорости 60–70 км/час на прямой передаче. Пятую, ускоряющую, передачу, если она имеется, в этот период лучше не включать. Первые 300–500 км являются для двигателя особенно «обкаточными», появление в этот момент сизого дыма из глушителя вполне закономерно, особенно если в изношенные цилиндры был установлен новый

комплект колец. Также обыденным явлением будет некоторая нестабильность оборотов холостого хода, регулировать которые приходится довольно часто, точная же регулировка обычно производится после пробега в 500–1000 км.

9. По мере того как двигатель «расходится», к пробегу в 2500–3000 км можно поднять максимальную скорость до 80–90 км/час. 10. После этого пробега можно считать, что первоначальный период обкатки остался в пропилом, и переходить, хотя еще к щадящей, но уже нормальной эксплуатации, постепенно увеличивая нагрузку к пробегу в 10–15 тыс. км до максимально возможной (при этом нагружать двигатель максимальной нагрузкой в целях обкатки необязательно).

Во время первоначального периода обкатки (2500–3000 км пробега) желательно два-три раза сменить фильтр и моторное масло. Дело в том, что в этот период в масляной системе находится наибольшее количество продуктов износа, а элемент фильтра не всегда пропускает через себя 100% всего подаваемого насосом масла. Учтите, что некоторые конструкции двигателей, включая ВАЗовские, имеют масляные каналы, связанные с насосом напрямую, без фильтра. К тому же в момент запуска холодного двигателя большой запас по производительности масляного насоса позволяет держать в открытом состоянии аварийный клапан фильтра довольно длительное время (пока не разогреется все масло в поддоне), при этом смывается часть накопившегося мусора обратно в масляную магистраль. В таких случаях поток загрязненного абразивом масла способствует разрушению трущихся пар уже во время обкатки. Краткая справка: большая часть новых импортных автомобилей снабжена инструкцией, запрещающей менять масло в первоначальный период эксплуатации. Это не означает, что менять масло в период обкатки вредно, просто производители заливают на конвейере так называемые обкаточные масла со специальным пакетом присадок, ускоряющим приработку деталей. По этой причине их не меняют на обычные масла до достижения

установленного инструкциями пробега. В настоящее время можно приобрести обкаточное масло или специальные присадки (к примеру «Экон» — антифрикционная присадка для обкатки двигателя — проверена и рекомендована ВАЗом), значительно сокращающие период обкатки капитально отремонтированного двигателя.

Предупреждение! Довольно распространенной ошибкой при обкатке двигателей является обкатка на малых оборотах при включенных прямой либо повышающей передач в КПП. В такие моменты двигатель как никогда испытывает значительные перегрузки при недостаточном давлении масла. Для того чтобы исключить такие перегрузки в не обкатанных сопряжениях, нужно поддерживать такие обороты коленчатого вала, при которых двигатель способен оперативно откликаться на открывание дроссельной заслонки на любой из передач в КПП, только тогда можно считать, что он свободно «дышит» и сможет удачно завершить период приработки деталей и деталей. Другой крайностью является езда на первой-второй передаче с повышенными оборотами коленчатого вала. Такая перегрузка двигателя еще больше губит его детали, так как локальные разогревы точек касания в парах трения в этом случае наиболее интенсивны за счет больших инерционных нагрузок. Кроме того, при обкатке происходят приработка разного рода сальников, просадка прокладок и, как следствие, ослабление резьбовых соединений. По этим причинам рекомендуется пристально следить за температурой двигателя и вовремя подтягивать ослабевший крепеж.

Основные правила обкатки двигателя автомобиля на ходу сводятся к следующему:

1. Перед началом движения обязательно прогревайте двигатель на холостых оборотах до его рабочей температуры.
2. Во время движения соблюдайте режим обкатки двигателя, предусмотренный инструкцией завода-производителя для нового

автомобиля. 3. Избегайте, особенно в первоначальный период, тяжелых дорожных условий.

4. Не рекомендуется загружать автомобиль под завязку и тем более эксплуатировать его с прицепом. 5. Постоянно контролируйте температуру двигателя и вспомогательных агрегатов, прошедших капитальный ремонт.

6. По возможности избегайте длительных поездок с установившимся режимом работы двигателя, это не способствует нормальной обкатки двигателя, к тому же с большой долей вероятности возможен отказ какой-либо инфраструктуры, что не редкость в обкаточный период. Режимы работы двигателя во время обкатки желательно периодически менять (разумеется, в пределах допустимого). 7. Увеличившиеся зазоры в приводе клапанов и ослабление приводных ремней (или цепи привода ГРМ) устраняйте по мере необходимости, не дожидаясь плановых ТО.

8. После пробега 2500–3000 км подтяните крепление ГБЦ к блоку двигателя, если была установлена обычная (усадочная) прокладка. Правильная обкатка двигателя позволит длительно и эффективно эксплуатировать автомобиль, не теряя времени на внеплановые ремонты и простой. Дальнейший ресурс двигателя будет зависеть от аккуратности вождения, своевременного обслуживания и качества применяемых эксплуатационных материалов.

1.1 Анализ способов холодной обкатки двигателей

При холодной обкатке коленчатый вал двигателя подкручивается на соответствующих скоростных режимах электродвигателем обкаточно-тормозного стенда. Тепловое состояние двигателя при этом поддерживают за счет подачи горячей воды и подогретого масла.

Холодную обкатку проводят на переменной частоте вращения, измеряемой от минимальной до номинальной через 100... 150 мин⁻¹. В процессе холодной обкатки поверхности трения частично подготовлены к восприятию нагрузок.

Существуют способы обкатки ДВС, при реализации которых холодную обкатку начинают на максимальных оборотах, контролируя при этом концентрацию частиц, удаляемых из зон трения моторным маслом, и после достижения заданной величины концентрации снижают обороты до минимальных.

Основным недостатком данных способов является максимальный срез микронеровностей в начальный момент приработки, что обуславливает увеличение начального приработочного износа. Кроме того, увеличение числа оборотов коленчатого вала обуславливает увеличение интенсивности приработки в результате возрастания максимального давления сжатого газа. Следовательно, для достижения максимального давления в процессе приработки за кратчайший срок необходимо изменять число оборотов по определенному закону.

Однако, при реализации данного способа приработки ДВС будет затруднительным в процессе приработки обеспечить точность сочетания степени приработанности и давления масла в магистрали, а также увеличится время приработки [8].

1.2 Анализ способов горячей обкатки двигателей

Обкатку двигателя после капремонта (как и нового) я бы разделил на 3 этапа: 1-й (начальный и самый важный) — до 500 км, 2-й (не менее важный, но уже не такой критичный) — 2000-3000 км и 3-й (где можно немного расслабиться) — до 10000 км пробега. Да, к сожалению это мероприятие не из приятных и требует прилично терпения от владельца автомобиля. Многие не выдерживают. Кто-то «забывает» на обкатку и продолжает ездить в привычном режиме, а кто и просто идёт сразу продавать автомобиль после капиталки. Решать, конечно, вам. Но если вы всё же не собираетесь «забывать» или продавать машину, а хотите продолжать ездить на ней ещё много-много тысяч километров, то смело читайте дальше. К слову сказать, хорошо откапиталенный мотор, в большинстве случаев, становится гораздо

надёжнее и имеет больший ресурс, чем новый с завода. Задумайтесь об этом перед тем как бежать и по-быстрому «сливать» машину после какой-то неприятности с двигателем.

1-й этап очень ответственный. По сути им вы определяете дальнейшую «жизнь» двигателя. На первые два этапа нужно просто забыть про хоть какие-то ощутимые нагрузки на двигатель. Говоря проще, он должен работать под нагрузкой в 60% по сравнению с обычным режимом эксплуатации. Для простоты выделим здесь несколько моментов:

- Регулярная проверка уровней рабочих жидкостей (в данном случае это масло в двигателе и уровень охлаждающей жидкости).
- Хороший прогрев до рабочей температуры. Если вы недоумеваете, зачем же греть двигатель перед началом движения,. Ну а если речь идёт о процессе обкатки двигателя после капремонта, то здесь не может быть никаких «но». Греть однозначно нужно. Причём не просто до 40-50°C, а до рабочей температуры, которая равна примерно 84-93°C.
- Плавное начало движения и максимально плавное торможение.
- Ровная и аккуратная работа с педалью газа.
- Постоянный контроль оборотов двигателя, которые в обкаточном режиме не должны превышать 3000 об/мин.
- Контроль температуры двигателя.
- Наличие запаса моторного масла и охлаждающей жидкости в багажнике. Хотя это должно быть всегда при вас, точнее при вашем автомобиле.
- Не перевозить тяжёлые грузы и тем более прицеп.

2-й этап наиболее сложен. Сложность его в том, что если 500 км выдержать не так сложно, то ещё 2000 или более — уже может начать вызывать раздражение. Но нам есть ради чего потерпеть. Очень хорошо, если на этом этапе у вас возникнет необходимость навестить бабушку в другом городе и его ощутимая часть придётся на этот маршрут. Летом с этим

попроще, хотя в летнюю жару и двигателю приходится тяжелее. В общем, если получится — хорошо. Нет — ну и ладно, ездите себе по делам, только всегда помните о предельной аккуратности и плавности движения.

Одни советуют в обкаточный период ездить на длинные расстояния при стабильном скоростном режиме, другие же наоборот рекомендуют давать двигателю поработать в разных режимах. Давайте всё же будем выбирать что-то среднее и без фанатизма, ведь при всей важности — это не самое главное что есть в вашей жизни. Не вы для автомобиля, а автомобиль для вас.

3-й этап — завершающий. После 2000-3000 км пробега необходимо произвести ревизию на сервисе: проверить состояние гидрокомпенсаторов (если таковые имеются), отрегулировать клапана, подтянуть крепление ГБЦ к двигателю, также заменить масло, фильтр, осуществить замер компрессии. Что касается самого завершающего этапа обкатки, то сказать, что он не так важен, как первые два, нельзя. Но и нужно понимать, что 10000 км вы не сможете ездить в описанном выше режиме. Да, после 3000 км вы можете потихоньку возвращаться к привычной езде, но в несколько более щадящей форме — плавный старт и ускорения, спокойное торможение, аккуратная работа сцеплением.

В качестве заключения хочется ещё раз сказать, что капремонт двигателя — это не повод для продажи автомобиля. Может так случиться, что восстановленный мотор прослужит вам гораздо дольше нового, как это очень часто бывает. В общем мой вам совет — относитесь к этому вопросу философски, также как и к другим. «Ничто не вечно под луной», в том числе мы с вами и наши автомобили. Регулярный осмотр машины, устранение мелких неисправностей, использование качественных запчастей и расходников — залог здоровья вашего железного друга!

И да, не забудьте на время обкатки двигателя после капиталки повесить сзади табличку с крупной надписью «ОБКАТКА». Таким образом вы не

будете раздражать других водителей своим вялым разгоном и неспешными манёврами, к вам будут относиться с пониманием.

1.3 Анализ существующих средств для приработки двигателей

Для обкатки ДВС применяют в основном два типа стендов: обкаточно-тормозные конструкции ГОСНИТИ, в которых нагрузку задают жидкостным реостатом; бестормозные, когда нагрузка и ее изменение осуществляются с помощью маховика, изменением положения топливодозирующего органа, с помощью дросселирования и рециркуляции газов. На авторемонтных предприятиях в основном обкатку и испытание ДВС проводят на электрических стендах.

Для проведения обкатки ДВС в ремонтной практике получили универсальные обкаточно-тормозные стенды КИ-55411М, КИ-5542М, КИ-5274, КИ-5543, КИ-5540, КИ-5274 и др., состоящие из асинхронных балансирных электрических машин трехфазного тока с фазовыми обмотками ротора, жидкостного регулирующего реостата, весового (измерительного) устройства, пусковой аппаратуры, установочных и соединительных устройств, системы измерения расхода топлива.

Кроме электромашин, свойством обратимости обладают также гидрообъемные передачи, что позволяет использовать их в конструкции обкаточных стендов. Использование серийно выпускаемых гидромашин снижает стоимость стендов, упрощает их ремонт и обслуживание.

Стенд с гидроприводом позволяет также более эффективно оценить качество ремонта: определение крутящего момента на проворачивание коленчатого вала ДВС при холодной обкатке по перепаду давлений на гидромотор-насосе дает не только количественную, но и качественную характеристику.

Гидравлические тормоза используются при испытании ДВС больших, средних и малых мощностей.

1.4 Пути повышения качества приработки двигателей

Под качеством поверхности деталей ДВС подразумевается совокупность механических и физико-химических свойств поверхностных слоев и остаточных в них напряжений, а также геометрических параметров, полученных в результате обработки, сборки и приработки деталей.

Все мероприятия по интенсификации приработки деталей можно классифицировать на:

- конструктивные;
- технологические;
- эксплуатационные.

Оценка качества приработки восстановленных деталей ДВС производится путем оценки параметров качества приработки рабочих поверхностей деталей при контрольном осмотре и влиянии их на характеристики ДВС при приемо-сдаточных испытаниях. Для оценки качества приработки могут применяться непосредственные (разборные) и косвенные (безразборные) методы. К непосредственным относят такие, которые отражают состояние поверхности детали (микрогеометрия и физико-механические свойства), к косвенным – методы, отражающие состояние пар трения и узлов ДВС (мощность механических потерь на трение, удельный расход топлива, компрессия, давление масла, эффективная мощность и др.).

В целом, все показатели, позволяющие характеризовать качество обкатки ДВС, можно разделить на три группы:

1. Технические показатели (эффективная мощность ДВС, мощность механических потерь, удельный расход топлива, расход картерного масла на угар, расход газов, прорывающихся в картер ДВС, частота вращения и др.).
2. Показатели изменчивости (скорость, время, стабилизация, характер и др.)

Показатели первой и второй группы относятся к косвенным методам оценки качества приработки ДВС и поэтому наиболее оперативны и чаще используются в практике.

3. Физико-химические показатели (износостойкость, шероховатость, структура, упрочнение (наклеп) поверхностного слоя (глубина и степень наклепа), остаточные напряжения (глубина и величина) и др.).
4. Показатели надежности (долговечность, безотказность и др.).
5. Экономические показатели (затраты времени, труда и денежных средств на обкатку).

1.5 Анализ влияния состояния поверхностного слоя на прирабатываемость деталей двигателя

Высокая эксплуатационная надежность ДВС определяется высокой несущей способностью поверхностного слоя деталей, которая формируется как на финишных операциях их изготовления или ремонта, так и в процессе технологической обкатки ДВС, особенно в период холодной обкатки.

Сейчас рынок предлагает различные образцы по улучшению этого показателя.

1.6 Анализ влияния состояния упрочняющей финишной обработки на качество поверхностей трения деталей

Деформация деталей, происходящая вследствие неравномерного нагрева их при работе и сборке ДВС, вызывает неблагоприятное распределение давления поршневого кольца на поверхности гильзы цилиндра, что в сочетании с недостаточностью смазки создает условия, при которых гладкие поверхности гильз цилиндров не являются оптимальными с точки зрения их износостойкости. Концентрация давлений на микровыступах приводит к пластическим деформациям, выдавливанию смазки, молекулярному взаимодействию поверхностей (схватыванию) и, следовательно, к увеличению износа.

Существует большое разнообразие способов упрочнения поверхностей трения гильз и коленчатых валов ДВС. Основными из которых являются

следующие: химико-термический способ упрочнения, способ механического упрочнения, способ нанесения упрочняющих покрытий, способ термоупрочнения, электрофизический способ упрочнения и др.

Поверхностное пластическое деформирование:

- а) повышает плотность дислокаций в упрочненном слое;
- б) измельчает исходную структуру;
- в) повышает величину твердости поверхности;
- г) повышает износостойкость деталей;
- д) возрастает сопротивление схватыванию;
- е) увеличивается предел выносливости.

Процесс пластической деформации металлов сопровождается образованием очага деформации, геометрические размеры и физико-механическое состояние которого во многом предопределяет качественную и количественную сторону процесса. Наряду с изменением геометрических характеристик, изменяются исходная структура и физико-химические свойства поверхностных слоев сопрягаемых деталей. Физико-химические процессы приводят к образованию вторичных структур, формирующихся непосредственно при трении. Под воздействием нагрузок и температур происходит пластическая деформация тонкого поверхностного слоя. При этом возрастают его прочность и твердость. Упрочнение поверхностного слоя является средством повышения его жесткости и уменьшения взаимного внедрения при механическом и молекулярном взаимодействии. К механическому упрочнению методом ППД относятся: упрочнение и отделка обкаткой роликами или шариками, обдувка поверхностей дробью, дорнование, ударно-вибрационный метод упрочнения, чеканка, гидрополирование, алмазное и электромеханическое выглаживание, ультразвуковая, центробежно-ударная обработка и т.д. [2].

1.7 Влияние микро - и макрогеометрии поверхностей трения на прирабатываемость деталей двигателя

Приработка – это своеобразный процесс перехода трибосистемы в устойчивое состояние, которое характеризуется физико – механическими свойствами поверхностных слоев и начальным износом.

В процессе приработки сопряжений происходит трансформация поверхностного слоя: изменяются величина и направленность микропрофиля, уменьшаются макрогеометрические отклонения формы, увеличиваются зазоры и ослабляются натяги, изменяются микротвердость, структура поверхностного слоя, что в свою очередь вызывает постепенное изменение условий работы трущихся деталей. Приработка сопряжения завершается при стабилизации указанных и других характеристик. В случае каких – либо изменений во взаимном положении поверхностей трения (в результате перекосов во взаимоположении деталей, регулировки, частичной или полной разборки, переподтяжке и т.д.), в температурном и нагрузочном режимах, качестве смазочной среды возникают приработочные явления [3].

Прирабатываемость двух взаимотрущихся поверхностей представляет собой начальную стадию износа. Начальный период износа сопряжения характеризуется нелинейным изменением его геометрии во времени, что связано с увеличением начальной шероховатости поверхностей (процесс микроприработки) и соответственно реальной площади контакта сопрягаемых поверхностей. Макроприработка связана с неточностью изготовления (погрешности сборки, несовпадения поверхностей, частичная деформация деталей в результате изготовления или ремонта т.д., что приводит к неполному прилеганию деталей одна к другой и, как следствие, к возникновению больших удельных давлений в зонах контакта). В большинстве случаев оптимальная макрогеометрия устанавливается только после завершения макрогеометрической приработки поверхностей трения деталей.

2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1. Выбор исходных данных

По техническому заданию ВКР среднее количество ремонтов ДВС $W_r=2500$ единиц.

2.2. Разработка графика согласования ремонтных операций.

Определения цикла производства и фронта ремонта

Такт ремонта, цикл производства и фронт ремонта являются основными параметрами, определяющими организацию производственного процесса специализированного предприятия.

Для построения графика согласования определяют сначала такт ремонта τ по формуле

$$\tau = \frac{\Phi_D}{W_r}, \quad (2.1)$$

где Φ_D – действительный годовой фонд времени предприятия, ч, $\Phi_D = 2030$ ч;

W_r – годовая программа, шт.

$$\tau = \frac{\Phi_D}{W_r} = \frac{2030}{2500} = 0,8$$

Количество рабочих K_p по каждой операции определяют по формуле:

$$K_p = \frac{T_o}{W_o}, \quad (2.2)$$

где T_o – трудоемкость операции, Чел.-ч.

При определении количества рабочих допускается перегрузка 20%, а недогрузка не более 5%.

После составления графика по нему определяют продолжительность пребывания объекта в ремонте как суммарное от начала первой и до конца последней операции, количество рабочих мест и фронт ремонта.

Фронт ремонта Φ_p определяют отношением цикла производства C_{II} к такту ремонта.

$$\Phi_P = \frac{Ц_{\Pi}}{\tau} \quad (2.3)$$

2.3. Расчет производственных рабочих, инженерно-технического и другого персонала

Количество производственных рабочих P по отделениям или участкам рассчитывают по формуле:

$$P = \frac{T}{\Phi_D}, \quad (2.4)$$

где T – трудоемкость работ по отделениям;

Φ_D – действительный фонд времени.

Таблица 2.1 – Перечень операций участка ремонта двигателей, трудоемкость и число рабочих

Наименование операции	Трудоемкость	Число рабочих
Доставка, наружная мойка.	0,08	-
Разборка, наружная мойка.	0,6	1
Мойка узлов и деталей.	0,15	-
Дефектовка	0,5	1
Электросварка.	0,07	1
Газосварка.	0,06	-
Слесарная обработка.	1,5	1
Токарная обработка.	0,45	1
Фрезеровка.	0,1	1
Расточка.	0,05	-
Термическая обработка.	0,07	-
Ремонт полимерными материалами.	0,1	-
Ремонт прецизионных деталей.	0,2	-
Гальванические покрытия.	0,2	-
Шлифовка.	0,15	-
Выглаживание.	0,18	-
Мойка, контроль, сортировка.	0,15	-
Комплектовка.	0,15	-
Сборка узлов и агрегатов	1,5	2
Технический контроль.	0,2	1
Обкатка, испытание, регулировка.	1,2	1
Доукомплектовка.	0,1	-
Окраска.	0,05	-
Ремонт оборудования 10%.	0,8	1
Всего	8,5	11

Действительный фонд времени рабочего зависит от группы производственного процесса и от степени вредности выполненной работы.

Списочный состав рабочих, рассчитанный по действительному годовому фонду, используют для расчета всего состава работающих на предприятии и площадей бытовых помещений.

Списочный состав

1. Разборочно-моечное отделение

$$P_{\text{пр}} = \frac{T}{\Phi_{\text{д}}} = \frac{1,29 \cdot 2500}{1840} = 1,75 \text{ раб.}$$

2. Дефектовка, комплектовка

$$P_{\text{пр}} = \frac{T}{\Phi_{\text{д}}} = \frac{1 \cdot 2500}{1840} = 1,4 \text{ раб.}$$

3. Сборочно-разборочное отделение

$$P_{\text{пр}} = \frac{T}{\Phi_{\text{д}}} = \frac{3 \cdot 2500}{1840} = 4,12 \text{ раб.}$$

4. Ремонтно-восстановительные работы

$$P_{\text{пр}} = \frac{T}{\Phi_{\text{д}}} = \frac{5 \cdot 2500}{1840} = 6,8 \text{ раб.}$$

Всего $P_{\text{пр}} = 14,07 \text{ раб.} \approx 14 \text{ раб.}$

Явочный состав рассчитывают по номинальному фонду времени.

1. Сборочно-моечное отделение

$$P_{\text{яв}} = \frac{T}{\Phi_{\text{д}}} = \frac{1,29 \cdot 2500}{2070} = 1,56 \text{ раб.}$$

2. Дефектовка, комплектовка

$$P_{\text{яв}} = \frac{T}{\Phi_{\text{д}}} = \frac{1 \cdot 2500}{2070} = 1,2 \text{ раб.}$$

3. Ремонтно-восстановительные работы

$$P_{\text{яв}} = \frac{T}{\Phi_{\text{д}}} = \frac{5 \cdot 2500}{2070} = 6,04 \text{ раб.}$$

4. Сборочно-обкаточное отделение

$$P_{ЯВ} = \frac{T}{\Phi_D} = \frac{3 \cdot 2500}{2070} = 3,6 \text{ раб.}$$

Всего $P_{ЯВ} = 12,4$ чел.

Число вспомогательных рабочих принимают 5% от списочного состава производственных рабочих

$$P_{ВС} = P_{ПР} \cdot 5\% = 14 \cdot 0,05 = 0,7 \text{ чел.} \quad (2.5)$$

Число младшего обслуживающего персонала 8%.

$$P_{МОП} = P_{ПР} + P_{ВС} \cdot 0,08 = (14 + 0,7) \cdot 0,08 = 1,2 \text{ чел.} \quad (2.6)$$

Число инженерно-технического персонала и служащих принимают 15% от списочного количества производственных рабочих

$$P_{ИТР} = P_{ПР} + P_{ВС} \cdot 15\% = (14 + 0,7) \cdot 0,15 = 2,2 \text{ чел.} \quad (2.7)$$

Весь штат ремонтного предприятия

$$P = P_{ПР} + P_{ВС} + P_{ИТР} + P_{МОП} = 14 + 0,7 + 2,2 + 1,2 = 18,1 \text{ чел.} \quad (2.8)$$

Таблица 2.2– Годовое количество рабочих по отделениям

Наименование отделения	Трудо- емкость	Число рабочих			
		списочное		сущ. участ.	
		Расчет	Принят	Расчет	Принятое
1. Разборочно- моечное	1,29	1,75	2	1,56	2
2. Дефектовка-комплектовка	1	1,4	1	1,2	1
3. Ремонтно- восст.	4	6,8	7	6,04	6
4. Сборочно-обкаточное	2,84	4,12	4	3,6	3
Всего	8,89	14,07	14	12,4	12

2.4. Расчет подбора оборудования.

Производим расчет только количества моечных машин, металлорежущих станков и обкаточных стенов.

Остальное оборудование подбираем в соответствии с разработанным технологическим процессом и тактом ремонта.

Число моечных машин N_M определяем по формуле

$$N_M = \frac{Q \cdot \beta}{\tau \cdot g \cdot h} = \frac{0,4 \cdot 0,8}{0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,7} = 0,1 = 1 \text{ машина} \quad (2.9)$$

где Q – масса ремонтируемого объекта, т;

β – коэффициент, учитывающий долю массы деталей одного объема, подлежащих мойке, $\beta = 0,8$;

τ – такт ремонта, ч/шт.;

g – продолжительность моечной массы, Т/ч;

h – коэффициент, учитывающий степень загрузки и использования моечной машины по времени, равный 0,65-0,75.

Число металлорежущих станков N_e определяют по формуле

$$N_e = \frac{T_c}{\Phi_d \cdot \eta} = \frac{1552}{1840 \cdot 0,84} = \frac{1552}{1545} = 1 \text{ станок} \quad (2.10)$$

где T_c – годовая трудоемкость станочных работ, чел.-ч,

$T_c = 0,75 \cdot 2070 = 1552$;

Φ_d – действительный годовой фонд времени, $\Phi_d = 1840$;

η – коэффициент использования станочного оборудования, $\eta = 0,84$.

Число стендов для обкатки и испытания

$$N_{II} = \frac{t \cdot c}{\tau \cdot \eta_c} = \frac{1 \cdot 1,1}{0,8 \cdot 0,9} = 1,5 \quad (2.11)$$

Принимаем 2 стенда,

где t – время обкатки и испытания;

c – коэффициент, учитывающий возможность повторного обкатывания, равный 1,05-1,1;

η_c – коэффициент использования станков, равный 0,9.

Остальные станки приведены в табл. 2.3 в зависимости от технологии ремонта.

2.5. Расчет площадей участка ремонта двигателей

Производственные площади подсчитываются двумя способами:

1. По усредненным показателям, пользуясь формулой

$$F = A + B - W_r \cdot K_{II}. \quad (2.12)$$

2. По площади оборудования отделов с учетом рабочих зон и проходов по формуле:

$$F_{уч} = F_{об} \cdot \delta. \quad (2.13)$$

Зная площади оборудования, легко определяем площади отделов, умножая площади оборудования на коэффициент δ , учитывающий рабочие зоны и проходы.

$F_{уч}$ – площадь участка,

$F_{об}$ – площадь оборудования.

Площади оборудования берем из таблицы 2.3.

Площадь участка ремонта разделим на четыре зоны.

1. Разборочно-моечное отделение с площадью

$$F_P = F_{об} \cdot \delta = 6,5 \cdot 3,5 = 22 \text{ м}^2$$

2. Дефектовка-комплектовка.

$$F_D = 4,06 \cdot 4,5 = 18,27 \text{ м}^2$$

3. Ремонтно-монтажное

$$F_P = 19 \cdot 3,5 = 66 \text{ м}^2$$

4. Обкатка и испытание

$$F_{об} = 12 \cdot 3,5 = 42 \text{ м}^2$$

Всего $F_{уч} = 163 \text{ м}^2$.

Площадь складских помещений ремонтного фонда определяется

$$F_{ск} = \frac{W_{Г} \cdot a \cdot f}{D_P} = \frac{2500 \cdot 20 \cdot 0,18}{267} = 13 \text{ м}^2, \quad (2.14)$$

где $W_{Г}$ – годовая программа, $W_{Г} = 2500$;

a – норма хранения запчастей, 15-30 дней;

f – площадь, занимаемая одним объектом, $f = 0,18$;

D_P – число рабочих дней в году.

Площадь складов запчастей, материалов, лакокрасочных материалов определяется по формуле

$$F_C = \frac{Q}{g \cdot n} \cdot K = \frac{33}{1 \cdot 5} \cdot 3 = 19 \text{ м}^2, \quad (2.15)$$

где Q – общая масса хранимых деталей;

g – допускаемая удельная нагрузка на 1 м^2 площади склада;

n – число ярусов стеллажей хранения деталей;

K – переходный коэффициент, учитывающий площади на разрывы и проходы.

Площади бытовых и административных помещений определяют из следующих расчетов.

1. Площади, занимаемые гардеробами, по общему количеству рабочих из расчета $0,75-0,8 \text{ м}^2$ на одного рабочего, на 12 чел. по $0,8 = 10 \text{ м}^2$.

2. Площади, занимаемые умывальниками, из расчета на 1 умывальный кран с площадью $0,5 \text{ м}^2$ на 10 человек $= 1 \text{ м}^2$.

3. Площади, занимаемые душевыми, принимаются из расчета одна душевая кабинка на 5 чел. с площадью 2 м^2 , равное 6 м^2 .

4. Площади, занимаемые уборными, принимаются из расчета один унитаз с площадью 3 м^2 на 15 чел., равное 3 м^2 .

5. Площади, занимаемые административными помещениями, из расчета 5 м^2 на 1 человека $= 10 \text{ м}^2$.

Всего на участок ремонта погрузчиков $F_{об} = 225 \text{ м}^2$.

Бытовые, административные и складские помещения входят в бытовые, административные и складские помещения.

Таблица 2.4 – Сводная таблица площадей .

Наименование отделов и других подразделений	Занимаемая площадь, м^2	Принятая площадь
1. Разборочно-моечное отделение	22	22
2. Дефектовка-комплектовка	19	19
3. Ремонтно-восстановительное отделение	66	66
4. Обкатка-испытания	42	42
5. Складские помещения ремонтного фонда	13	-
6. Складские помещения запчастей	19	-
7. Площади гардероба	10	-
8. Площади умывальника	1	-
9. Площади, занимаемые душевыми	6	-
10. Площади, занимаемые уборными	3	-
11. Площади, занимаемые административными помещениями	10	-
Всего	225 м^2	149 м^2

Таблица 2.3– Сводные данные по расчету площадей оборудования и приспособлений

Наименование оборудования	Количество	Размеры, см	Общая площадь, м ²
<u>Разборочно-моечное</u>			
1. Моющая установка ОМ-1265	1	180×145	2,6
2. Настольная ванна РП-1621	2	-	-
3. Стеллаж ОРГ-1953-0,5-0,4	2	200×30	1,2
4. Верстак ОРГ-1953-0,3	1	120×80	0,96
5. Верстак ОРГ-1953-0,4	1	200×80	1,6
6. Приспособление МП-1681А	1	-	-
7. Приспособление МП-1615А	1	-	-
8. Приспособление 1475,30	1	-	-
9. Приспособление для разбор. 1417,03	1	-	-
10. Тиски	2	-	-
11. Съёмники	2	-	-
12. Пресс	1	-	-
Итого			6,5
<u>Дефектовка-комплектовка</u>			
13. Верстак ОРГ-1953-03	2	120×80	1,6
14. Стеллаж ОРГ-1953-05-0,4	2	150×50	1,5
15. Верстак ОРГ-1953-04	1	200×80	0,96
Итого			4,06
<u>Ремонтно-восстановительное</u>			
16. Стеллаж ОРГ-1953-05-04	4	150×50	3,0
17. Моечная ванна РО-1616А	1	120×80	0,96
18. Верстак	2	200×80	3,2
19. Верстак	3	150×80	2,78
20. Станок сверлильный НС-12А	1	-	-
21. Электропечь Н-13	1	-	-
22. Токарный станок 1К62	1	260×90	2,50
23. Фрезерный станок	1	120×120	1,4
24. Газосварочный аппарат	1	-	-
25. Электросварочный аппарат	1	60×60	0,36
26. Стол сварочный	1	150×120	1,8
27. Стол для документов	1	1,2×80	0,96
<u>Сборка, обкатка, регулировка</u>			
28. Транспортёр ОРГ-2478Б	1	980×60	5,8
29. Верстак ОРГ-1953-03	3	150×80	2,85
30. Верстак ОРГ-1953-04	1	100×80	1,6
31. Пресс рычажный ГАРО-274-3704	1	60×50	0,3
32. Сверлильный настольный станок НС-РА	1	-	-
33. Стеллаж ОРГ-1953-05-01	2	20×30	1,2
34. Стеллаж ОРГ-1953-05-04	1	150×50	0,75
35. Пресс 3т ГАРО-274	1	60×50	0,3
36. Стенд СДТА-1.	3	120×90	3,3

Продолжение таблицы 2.3

Наименование оборудования	Количество	Размеры, см	Общая площадь, м ²
37. Настольная ванна РП-1621	2	-	-
38. Стол контрольный ГОСТ-4885-49	1	110×90	1,0
39. Прибор КП 1363	1	-	-
Итого			12
Всего			38,6

3. КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

3.1 Назначение, устройство и принцип действия обкаточного стенда

Стенд для холодной обкатки дизелей со статико-динамическим нагружением предназначен для холодной приработки двигателей внутреннего сгорания (ДВС).

Целью данной разработки является повышение качества приработки и снижение первоначального износа. Предлагаемый способ приработки поршневого двигателя внутреннего сгорания заключается в том, что перед этапом холодной обкатки осуществляют циклическое нагружение двигателя путем подачи рабочего тела под давлением от внешнего источника повышенного давления в неработающие цилиндры двигателя, коленчатый вал которого вращается со сверхнизкой частотой вращения, причем в качестве рабочего тела используется масло. Подача рабочего тела в цилиндры происходит при пульсирующем давлении, при этом подача рабочего тела осуществляется в цилиндр двигателя с давлением, равным максимальному давлению рабочего цикла на номинальном режиме работы ДВС данной марки. Использование импульсной подачи рабочего тела под определенным давлением в цилиндры двигателя (≈ 8 МПа), приводит к пульсирующим ударным нагрузкам на сопряжения ДВС, что вызывает упрочнение поверхностей трения деталей, путем наклепа и исправления микро и макрогеометрии поверхностей трения. В результате такого воздействия металл с поверхности трения не удаляется, а остается на ней, так как в результате поверхностно-пластических деформаций, возникающих под

					ВКР 35.03.06.374.18.СХО 00.00.							
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата								
Разраб.		Закиров Р.А.							Лит.	Лист	Листов	
Провер.		Нурмиев А.А.										
Реценз.									Казанский ГАУ каф. ТАиЭУ			
Н. контр.		Пикмуллин Г.										
Утв.		Хафизов К.А.										

действием ударных нагрузок возникают силы, деформирующие выступы неровностей шероховатых поверхностей трения, приложенные по нормали к поверхности трения, а не боковые, вызванные вращением одной детали относительно другой.

Вращение коленчатого вала со сверхнизкой частотой вращения значительно снижает силы трения при вращении и усилие среза микронеровностей шероховатых поверхностей, что позволяет частицам металла не вырываться с поверхности трения, а лишь частично деформироваться, что способствует исправлению макро и микрогеометрии, а также снижению приработочного износа, и как следствие увеличение эксплуатационного ресурса как отдельных деталей, так и двигателя в целом. Предлагаемый способ холодной приработки позволит сократить время основных этапов с одновременным упрочнением поверхностей трения, а также снизить первоначальный износ.

На рисунке 3.1 изображена функциональная схема устройства для приработки двигателя внутреннего сгорания.

Устройство для приработки ДВС содержит: непосредственно ДВС; система создания статико-динамической нагрузки (СССДН), включающей насос-мотор (НМ), регуляторы высокого и низкого давления (РВД и РНД), штуцер (Ш), имеющий в составе два электромагнитных клапана (ЭК1 и ЭК2), блок управления электромагнитными клапанами (БУ); механизм поворота, включающий мотор-редуктор (МР), упругий элемент (УЭ) и преобразователь частоты вращения (ПЧВ).

Двигатель внутреннего сгорания маховиком через упругий элемент (УЭ) соединен с выходным валом мотор-редуктора (МР). Частота вращения вала мотор-редуктора в свою очередь контролируется с помощью преобразователя частоты вращения (ПЧВ). Механизм привода позволяет достичь сверхнизкой частоты вращения коленчатого вала двигателя. Наличие червячного мотор-редуктора (МР) позволяет исключить противовращение в механизме привода. Линия подачи рабочего тела содержит насос-мотор

					ВКР 35.03.06.374.18.СХО 00.00	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

(НШМ-12-25-10/10), при помощи которого рабочее тело (дизельное масло М10-2Г) забирается через сливное отверстие поддона картера ДВС и через масляный фильтр подается к регулятору высокого давления (клапан марки ГА-76070), который регулирует давление масла на давление, соответствующее максимальному давлению рабочего цикла в цилиндре ДВС и подает его к штуцеру, а также регулятору низкого давления (клапан КП 16.2.5.000), откуда рабочее тело под давлением, соответствующим давлению в системе смазки ДВС, поступает в главную масляную магистраль (для осуществления принудительной смазки деталей кривошипно-шатунного механизма), и во всасывающую полость насос-мотора. Штуцер представляет собой корпус, в котором установлены нагнетательный электромагнитный клапан (в качестве его используется двухзатворный электромагнитный клапан ЭГФ) и сбросной электромагнитный клапан (в качестве его используется гидравлически разгруженный клапан ЭГФ). Штуцер устанавливается в технологическое отверстие под форсунки. Управление работой электромагнитных клапанов осуществляется с помощью блока управления.

Линия подачи и слива рабочего тела и всасывающая магистраль насос-мотора состоит из гибких рукавов высокого давления (марки Н 036.83.010-160), соединенных штуцерами.

Работа стенда для холодной приработки происходит следующим образом: сначала производится прокачка системы нагружения (для удаления воздуха). С этой целью, предварительно масло заливается в необходимом объеме в поддон картера ДВС. При включении насос-мотора (НМ) масло забирается из поддона картера через сливное отверстие (СО), фильтр (Ф) и подается насос-мотором через регулятор высокого давления к штуцеру, причем при проведении прокачки сбросной электромагнитный клапан (ЭК2) находится в открытом состоянии. О завершении прокачки свидетельствует наличие однородной масляной структуры, видимой через прозрачную вставку в трубопроводе на выходе сбросного электромагнитного клапана.

					ВКР 35.03.06.374.18.СХО 00.00	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

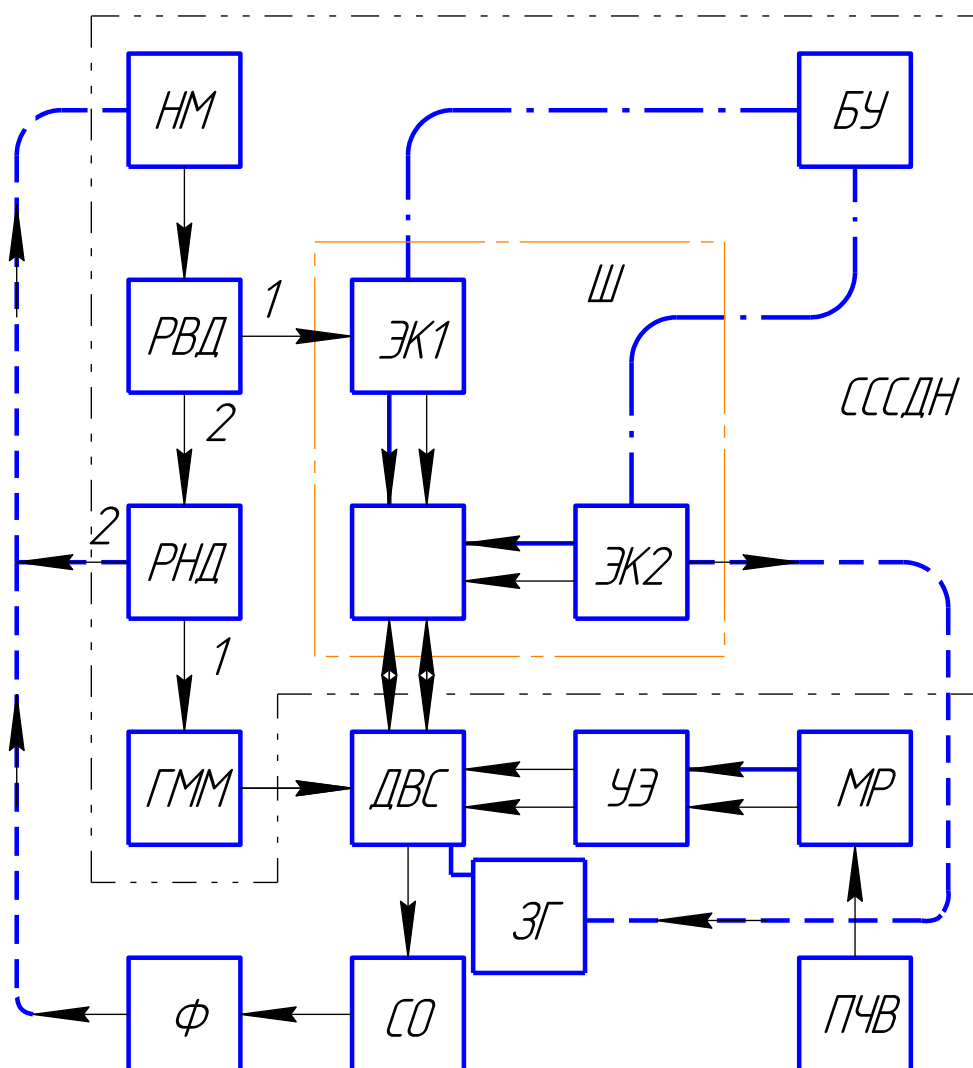


Рисунок 3.1 – Схема устройства для приработки двигателя внутреннего сгорания: НМ – насос-мотор; МР - мотор-редуктор; Ф – фильтр; ДВС-двигатель внутреннего сгорания; БУ- блок управления; Ш- штуцер; РВД-регулятор высокого давления; РНД – регулятор низкого давления; ЭК1-нагнетательный электромагнитный клапан; ЭК2- сбросной электромагнитный клапан; УЭ- упругий элемент; ПЧВ- преобразователь частоты вращения; Ф- фильтр; СО- сливное отверстие; СССДН – система создания статико-динамических нагрузок

После завершения прокачки системы устанавливаем с помощью преобразователя необходимую частоту вращения вала мотор-редуктора (МР), соответствующую данной модели ДВС.

В процессе приработки масло под давлением подается насос-мотором (НМ) к регулятору высокого давления (РВД), который распределяет масло к штуцеру (Ш) (к нагнетательному клапану) и к регулятору низкого давления (РНД). Регулятор низкого давления распределяет масло в главную масляную

					ВКР 35.03.06.374.18.СХО 00.00		Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			

магистраль (ГММ) ДВС и во всасывающий трубопровод насос-мотора (НМ). При открытии электромагнитного клапана масло подается в надпоршневую полость цилиндра под давлением, соответствующим давлению такта сжатия (8-10 МПа). После подачи масла в цилиндр электромагнитный клапан закрывается и выдерживается в таком положении заданный промежуток времени, при закрытом сбросном клапане. После этого сбросной электромагнитный клапан открывается, давление в надпоршневом пространстве падает и масло через сбросной электромагнитный клапан (ЭК2) поступает в заливную горловину ДВС.

При этом в периоды времени, когда происходит нагружение в цилиндре двигателя, рабочее тело, воздействуя на поршень с пульсирующим давлением создает пульсирующую ударную нагрузку, в результате коленчатый вал двигателя пытается повернуться в обратную направлению вращения сторону, а в периоды разгрузки эластичная муфта будет компенсировать данный угол поворота.

Воздействуя на поршень, рабочее тело с пульсирующим давлением создает пульсирующую ударную нагрузку на сопряжения двигателя, производя упрочнение поверхностей трения путем наклепа, в результате которого происходит сглаживание поверхностей трения и выравнивание макро- и микрогеометрии сопряжений без потери металла. Все это значительно позволяет снизить начальный (прирабочный) износ и увеличить срок службы, как отдельных сопряжений, так и всего двигателя в целом.

Состояние приработочности поршневой группы может быть определено по величинам давлений в конце сжатия при 600мин^{-1} и температуре масла двигателя 75-80 °С. Давление определяют компрессометром. Состояние подшипников характеризуется, прежде всего, величиной давления масла.

					ВКР 35.03.06.374.18.СХО 00.00	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

3.2 Выбор электродвигателя для привода коленчатого вала ДВС

Мощность на коленчатом валу двигателя $P_{кв}$, Вт [1]:

$$P_{кв} = T_{кв} \cdot \omega_{\epsilon}, \quad (3.1)$$

где $T_{кв}$ – вращающий момент на ведущем валу, $T_{кв} = 680 \text{ Н} \cdot \text{м}$ [12];

$\omega_{кв}$ – угловая скорость вала, с^{-1} [12]:

$$\omega_{кв} = \frac{\pi \cdot n_{\epsilon}}{30}, \quad (3.2)$$

где n_{ϵ} – частота вращения вала, мин^{-1} ;

$$n_{\epsilon} = 0,56 \text{ мин}^{-1},$$

$$\omega_{\epsilon} = \frac{3,14 \cdot 0,56}{30} = 0,06 \text{ с}^{-1},$$

$$P_{кв} = 680 \cdot 0,06 = 40,8 \text{ Вт}.$$

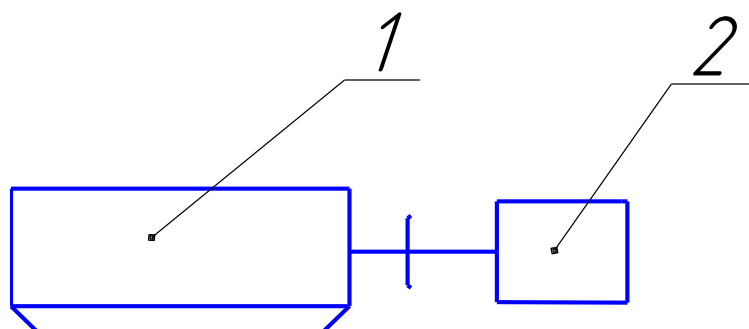


Рисунок 3.2 – Кинематическая схема механизма привода коленчатого вала ДВС: 1 – червячный редуктор; 2 – двигатель

Частота вращения вала мотор - редуктора $n_{\text{м}}$, мин^{-1} [12]:

$$n_{\text{м}} = n_{\epsilon} \cdot u, \quad (3.3)$$

где u – передаточное отношение червячного редуктора; принимаем $u = 80$;

$$n_{\text{м}} = 0,56 \cdot 80 = 45 \text{ мин}^{-1}.$$

Вращающие моменты на валу мотор-редуктора, $\text{Н} \cdot \text{м}$ [12]:

					ВКР 35.03.06.374.18.СХО 00.00	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$T_{\text{м}} = \frac{T_{\text{в}}}{u \cdot \eta_{\text{ч.р.}} \cdot \eta_{\text{н.м.}}}, \quad (3.4)$$

где $\eta_{\text{ч.р.}}$ – коэффициент полезного действия червячного редуктора, принимаем [12]: $\eta_{\text{ч.р.}} = 0,7$, $\eta_{\text{н.м.}}$ – коэффициент полезного действия предохранительной муфты принимаем [14]: $\eta_{\text{н.м.}} = 0,98$.

$$T_{\text{м}} = \frac{680}{80 \cdot 0,7 \cdot 0,98} = 12,3 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Потребляемая мощность электродвигателя мотор-редуктора, Вт [12]:

$$P_{\text{м}} = \frac{P_{\text{кв}}}{\eta_{\text{ч.р.}} \cdot \eta_{\text{н.м.}}}, \quad (3.5)$$

$$P_{\text{м}} = \frac{40,2}{0,7 \cdot 0,98} = 58,3 \text{ Вт}.$$

С учетом пусковых нагрузок мощность может быть увеличена в 3-4 раза.

Так как частота вращения вала электродвигателя низкая, принимаем серийно изготавливаемый мотор-редуктор 1МПз2-31,5 с частотой вращения выходного вала $n_{\text{в}} = 45 \text{ мин}^{-1}$ [13].

3.3 Расчет резьбы стойки станда

Назначаем материалы для винта-сталь 20 и гайки-сталь 20. Примем квадратную однозаходную правую резьбу.

Для определения среднего диаметра резьбы винта и гайки d_2 из расчёта резьбы на износостойкость примем отношение высоты гайки к среднему диаметру резьбы $k = H/d_2 = 1,6$ и допускаемое давление для резьбы $q = 10 \text{ МПа}$ [15].

Вес двигателя ЯМЗ-236 составляет 820 кг [16]. Так как конструкцией станда предусмотрены четыре стойки под двигатель, то нагрузка на одну стойку будет составлять: $F = 2,05 \text{ кН}$.

					ВКР 35.03.06.374.18.СХО 00.00	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

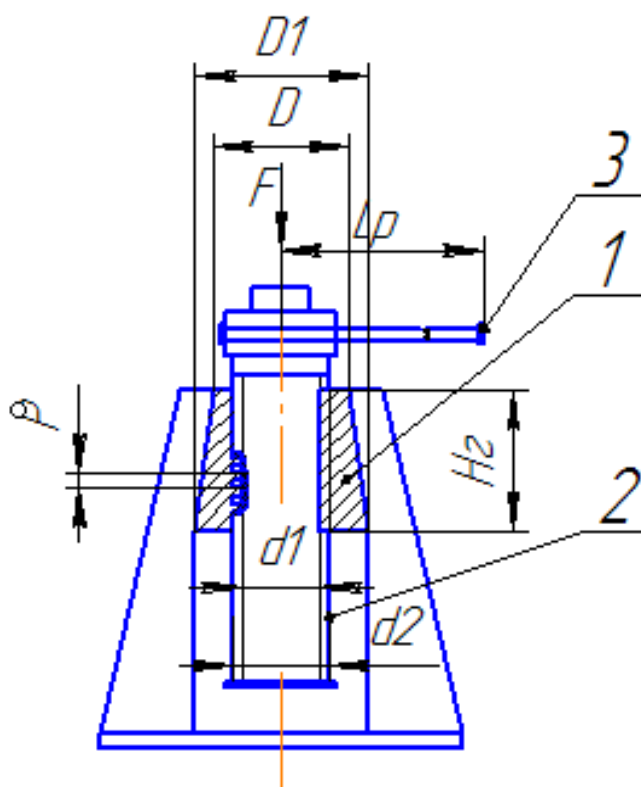


Рисунок 3.3 – Расчетная схема стойки: 1– гайка; 2 – винт; 3 – рукоятка

Из условия на сопротивление изнашиванию определяем средний диаметр резьбы[15]:

$$d_2 = \sqrt{2F / (\pi k q)}$$

$$d_2 = \sqrt{2F / (\pi k q)} = \sqrt{2 \cdot 2,05 \cdot 10^3 / (3,14 \cdot 1,6 \cdot 10^6)} = 17 \text{ мм.}$$

Геометрические размеры:

Высота профиля резьбы[15]: $h = 0,1d_2$

$$h = 0,1d_2 = 0,1 \cdot 17 = 1,7 \text{ мм.}$$

Наружный диаметр резьбы[15]: $d = d_2 + h$

$$d = d_2 + h = 17 + 1,7 = 18,7 \text{ мм.}$$

Внутренний диаметр резьбы[15]: $d_1 = d_2 - h$

$$d_1 = d_2 - h = 17 - 1,7 = 15,3 \text{ мм.}$$

Шаг резьбы [15]:

$$P = 2h$$

$$P = 2h = 2 \cdot 1,7 = 3,4 \text{ мм.}$$

Ход резьбы P_h (число заходов резьбы $n=1$): $P_h = nP$

$$P_h = nP = 1 \cdot 3,4 = 3,4 \text{ мм.}$$

Угол подъема резьбы [15]: $\text{tg } \varphi = P_h / (\pi d_2)$

$$\operatorname{tg} \varphi = P_h / (\pi d_2) = 3,4 / (3,14 \cdot 17) = 0,064$$

следовательно, угол подъёма резьбы $\varphi = 3^{\circ}40'$.

Коэффициент трения стали по стали при слабой смазке примем $f=0,1$.
Значит, $\operatorname{tg} \psi = f=0,1$ и угол трения $\varphi = 5^{\circ}50'$. Условие самоторможения винта обеспечено, так как $\psi < \varphi$. ($3^{\circ}40' < 5^{\circ}50'$).

Проверим винт на прочность. Крутящий момент в опасных поперечных сечениях винта домкрата (на участке от гайки до рукоятки): [15].

$$T = 0,5 d_2 F \operatorname{tg}(\psi + \varphi) \quad (3.6)$$

$$T = 0,5 \cdot 0,017 \cdot 2050 \cdot 0,17 = 2,96 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Для стали 20 предел текучести по ГОСТ 1050-80 $\sigma_T = 250 \text{ МПа}$.
Допускаемое напряжение на сжатие для винта [15]:

$$\sigma_c = \sigma_T / 3$$

$$\sigma_c = \sigma_T / 3 = 250 / 3 = 83,3 \text{ МПа}.$$

Эквивалентное напряжение [15]:

$$\sigma_{\text{ЭКВ}} = \sqrt{\left[4F / \pi d_1^2 \right]^2 + 4 \left[T / 0,2 d_1^3 \right]^2} \quad (3.7)$$

$$\sigma_{\text{ЭКВ}} = \sqrt{\left[4 \cdot 2,05 \cdot 10^3 / (3,14 \cdot 15,3^2) \right]^2 + 4 \left[2,96 \cdot 10^3 / (0,2 \cdot 15,3^3) \right]^2} = 49,8 \text{ МПа}.$$

$$49,8 \text{ МПа} < 83,3 \text{ МПа}.$$

$$[\sigma_{\text{ЭКВ}}] < \sigma_c,$$

т.е. прочность винта выше требуемой.

Коэффициент приведения длины винта $\mu = 2$, так как винт можно считать стойкой с нижним закреплённым концом. Приведённый момент инерции площади сечения винта [15]: $I = (\pi d_1^4 / 64)(0,4 + 0,6 d / d_1)$

$$I = (\pi d_1^4 / 64)(0,4 + 0,6 d / d_1) = (3,14 \cdot 15,3^4 / 64) + (0,4 + 0,6 \cdot 18,7 / 15,3) = 2,69 \cdot 10^3 \text{ мм}^4.$$

Радиус инерции площади сечения винта [15]:

$$i = \sqrt{I / A_1} \quad (3.8)$$

					ВКР 35.03.06.374.18.СХО 00.00	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$i = \sqrt{I / A_1} = \sqrt{4I / \pi d_1^2} = \sqrt{4 \cdot 2,89 \cdot 10^3 / (3,14 \cdot 15,3^2)} = 3,9 \text{ мм.}$$

Гибкость винта λ определяем по формуле [15]:

$$\lambda = \mu L / i = 2 \cdot 200 / 3,9 = 102$$

Критическая сила $F_{кр} = \pi^2 EI / (\mu l)^2$ [15]:

(рассматриваем винт как стержень с одним жёстко закреплённым и другим свободным концом).

$$F_{кр} = \pi^2 EI / (\mu l)^2 = 3,14^2 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 2,69 \cdot 10^3 / (2 \cdot 200)^2 = 34,8 \text{ кН.}$$

Допускаемая сила [15]: $F = F_{кр} / S_y$

где коэффициент запаса устойчивости $S_y = 2,5$ [15]

$$F = F_{кр} / S_y = 34,8 / 2,5 = 13,92 \text{ кН.}$$

Устойчивость винта обеспечена, так как сила действующая на одну стойку $F = 2,05 \text{ кН}$ меньше допускаемой $F = 13,92 \text{ кН}$.

Перейдём к расчёту гайки.

Примем допускаемые напряжения гайки на растяжение и смятие $\sigma_p = \sigma_{см} = 40 \text{ МПа}$, на срез $\tau_c = 22,5 \text{ МПа}$. [15]:

Высота гайки [15]:

$$kd_2 = 1,6 \cdot 17 = 27,2 \text{ мм.}$$

Наружный диаметр гайки [15]: $D = \sqrt{4F / (\pi [\sigma_p])} + d^2$

$$D = \sqrt{4F / (\pi [\sigma_p])} + d^2 = \sqrt{4 \cdot 2,05 \cdot 10^3 / (3,14 \cdot 40)} + 17^2 = 8,4 \text{ мм}$$

Наружный диаметр фланца гайки [15]:

$$D_1 = \sqrt{4F / (\pi \sigma_{см})} + D^2 = \sqrt{4 \cdot 2,05 \cdot 10^3 / (3,14 \cdot 40)} + 8,4^2 = 12,3 \text{ мм}$$

Толщина фланца [15]:

$$\delta = F / \pi D \tau_c = 2,05 \cdot 10^3 / (3,14 \cdot 8,4 \cdot 22,5) = 1,5 \text{ мм.}$$

					ВКР 35.03.06.374.18.CXO 00.00	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

3.4 Гидравлический расчет

3.4.1 Расчет трубопроводов

Для всех линий используются гибкие армированные двухоплеточные трубопроводы по ГОСТ 8737-77.

Соединение трубопроводов с гидроаппаратурой осуществляется штуцерами.

Из уравнения непрерывности потока жидкости, внутренний диаметр трубопровода определяется [20]:

$$d = 1,13 \sqrt{\frac{Q_H}{V}} \quad (3.9)$$

где $Q_H = 190 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{с}$ – величина потока жидкости через трубопровод [20]; V – скорость потока жидкости, м/с.

Скорость потока жидкости принимается;

- для всасывающего трубопровода $V = 1 \text{ м/с}$;
- для сливного трубопровода $V = 2 \text{ м/с}$;
- для напорного трубопровода $V = 4 \text{ м/с}$.

Тогда диаметр трубопроводов, м:

$$\text{- всасывающего } d_{BC} = 1,13 \sqrt{\frac{Q_H}{V}} = 1,13 \sqrt{\frac{190 \cdot 10^{-6}}{1}} = 15,57 \cdot 10^{-3} \text{ м};$$

$$\text{- сливного } d_{BC} = 1,13 \sqrt{\frac{Q_H}{V}} = 1,13 \sqrt{\frac{190 \cdot 10^{-6}}{2}} = 11,18 \cdot 10^{-3} \text{ м};$$

$$\text{- напорного } d_{BC} = 1,13 \sqrt{\frac{Q_H}{V}} = 1,13 \sqrt{\frac{190 \cdot 10^{-6}}{4}} = 8,79 \cdot 10^{-3} \text{ м};$$

В соответствие с ГОСТ 16516-80 выбираем стандартные диаметры трубопроводов [20]. Внутренний диаметр: $d_H = 10 \text{ мм}$, $d_C = 12 \text{ мм}$, $d_B = 16 \text{ мм}$.

Наружный диаметр трубопровода: $d_H = 22 \text{ мм}$, $d_C = 25 \text{ мм}$, $d_B = 29 \text{ мм}$.

Тогда действительные скорости потока жидкости [20]:

$$V = 1,13^2 \frac{Q_H}{d^2}; \quad (3.10)$$

					ВКР 35.03.06.374.18.CXO 00.00	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

в напорном трубопроводе

$$V_H = 1,13^2 \frac{Q_H}{d^2} = 1,13^2 \frac{190 \cdot 10^{-6}}{10^2} = 2,43 \text{ м / с};$$

в сливном трубопроводе

$$V_C = 1,13^2 \frac{Q_H}{d^2} = 1,13^2 \frac{190 \cdot 10^{-6}}{12^2} = 1,69 \text{ м / с};$$

во всасывающем

$$V_{вс} = 1,13^2 \frac{Q_H}{d^2} = 1,13^2 \frac{190 \cdot 10^{-6}}{16^2} = 0,95 \text{ м / с};$$

3.4.2 Расчет потерь давления во всасывающем трубопроводе

Для исключения кавитации необходимо иметь давление в конце всасывающего трубопровода не меньше 0,06 МПа. Это давление определяется из уравнения Бернулли [20]:

$$P_B = P_o + \rho \cdot g \cdot h - \frac{\rho \cdot V^2}{2} - \left(1 + \xi \cdot b + \frac{\lambda \cdot l}{d} \right), \text{ Па}$$

где $P_o=101,325$ кПа – атмосферное давление; $\rho=890$ кг/м³ – плотность жидкости; $g=9,81$ м/с² – ускорение свободного падения; $h=0,14$ м – высота всасывания; $V=V_{вс}=0,95$ м/с – скорость потока жидкости; $\xi=1,45$ – суммарный коэффициент местных сопротивлений; b – поправочный коэффициент, учитывающий влияние вязкости жидкости на местные потери; λ – коэффициент трения жидкости о стенки трубопровода; $l=0,32$ м – длина всасывающего трубопровода; $d=0,016$ м – диаметр трубопровода.

Коэффициент трения жидкости о стенки трубопровода зависит от числа Рейнольдса, которое определяет режим сечения жидкости [20]:

$$\text{Re} = \frac{V \cdot d}{\nu};$$

где $\nu=50 \cdot 10^{-6}$ м²/с – кинематическая вязкость жидкости [20]:

Тогда

					ВКР 35.03.06.374.18.СХО 00.00	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$Re = \frac{V \cdot d}{\nu} = \frac{0,95 \cdot 0,016}{50 \cdot 10^{-5}} = 304$$

Поток ламинарный т.к. $Re=304 < 2200$.

Тогда коэффициент трения $\lambda = \frac{75}{Re} = \frac{75}{304} = 0,247$

По графику определяем поправочный коэффициент $b=3$ [20]:

Давление во всасывающем трубопроводе:

$$P_B = 101323 + 890 \cdot 9,81 \cdot 0,14 - \frac{890 \cdot 0,9}{2} \cdot \left(1 + 1,45 \cdot 3 + \frac{0,259 \cdot 0,32}{0,016} \right) = 98328 \text{ Па} \approx 0,1 \text{ МПа}$$

$P_B=0,1$ МПа – удовлетворяет заданному выше условию.

3.4.3 Расчет потерь давления в напорной и сливной гидролиниях

Общие путевые потери определяются по формуле [20]:

$$\sum \Delta P_n = \Delta P_{nn} + \Delta P_{nc};$$

где ΔP_{nn} , ΔP_{nc} – путевые потери в напорной и сливной гидролиниях находим по формуле [20]:

$$\Delta P_{nn} = \lambda_n \cdot \rho \frac{l_n \cdot V_n^2}{d_n \cdot 2};$$

$$\Delta P_{nc} = \lambda_c \cdot \rho \frac{l_c \cdot V_c^2}{d_c \cdot 2};$$

Из предыдущих расчетов определяем Re :

- в напорной $Re_n = \frac{V_n \cdot d_n}{\nu} = \frac{2,43 \cdot 0,01}{50 \cdot 10^{-6}} = 486$

- в сливной $Re_c = \frac{V_c \cdot d_c}{\nu} = \frac{1,69 \cdot 0,012}{50 \cdot 10^{-6}} = 405,6$

Тогда коэффициент трения жидкости о стенки:

- в напорной $\lambda = \frac{75}{Re_n} = \frac{75}{486} = 0,154$

- в сливной $\lambda = \frac{75}{Re_c} = \frac{75}{405,6} = 0,185$

					ВКР 35.03.06.374.18.СХО 00.00	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Общие путевые потери:

$$\sum \Delta P_{\text{п}} = \Delta P_{\text{пн}} + \Delta P_{\text{пс}} = 0,154 \cdot 890 \cdot \frac{1,6 \cdot 2,43^2}{2 \cdot 0,01} + 0,185 \cdot 890 \cdot \frac{1,28 \cdot 1,69^2}{2 \cdot 0,012} = 89925 \text{ Па} \approx 89,9 \text{ кПа}$$

Местные потери давления находим из выражения [20]:

$$\sum \Delta P_{\text{м}} = \Delta P_{\text{мн}} + \Delta P_{\text{мс}} = \xi_{\text{н}} \cdot b_{\text{н}} \cdot \rho \cdot \frac{V_{\text{н}}^2}{2} + \xi_{\text{с}} \cdot b_{\text{с}} \cdot \rho \cdot \frac{V_{\text{с}}^2}{2};$$

где $\Delta P_{\text{мн}}$, $\Delta P_{\text{мс}}$ – местные потери в напорной и сливной гидролиниях;

$\xi_{\text{н}}=7$ – коэффициент местных сопротивлений в напорной гидролинии;

$\xi_{\text{с}}=5,8$ – коэффициент местных сопротивлений в сливной гидролинии;

$b_{\text{н}}=1,8$; $b_{\text{с}}=1,9$.

Общие местные потери [20]: $\sum \Delta P_{\text{мн}} = \Delta P_{\text{мн}} + \Delta P_{\text{мс}}$

$$\sum \Delta P_{\text{мн}} = \Delta P_{\text{мн}} + \Delta P_{\text{мс}} = 7 \cdot 1,8 \cdot 890 \cdot \frac{2,43^2}{2} + 5,8 \cdot 1,9 \cdot 890 \cdot \frac{1,69^2}{2} = 47,2 \text{ кПа}$$

Общие потери давления в гидросистеме [20]:

$$\sum \Delta P_{\text{м}} = \sum \Delta P_{\text{н}} + \sum \Delta P_{\text{м}} = 89,9 + 47,2 = 137 \text{ кПа}$$

Общие потери давления не превышают 10% давления, создаваемого насосом (10 МПа).

					ВКР 35.03.06.374.18.СХО 00.00	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

4 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

4.1 Инструкция при работе со стендом для холодной обкатки со статико-динамическим нагружением

1. Стенд должен эксплуатироваться в соответствии с требованиями правил техники безопасности и санитарии.
2. Запрещаются работы по монтажу, ремонту или техническому обслуживанию составных частей и электрооборудования стенда без полного отключения его от питающей сети.
3. Испытательные стенды устанавливают на прочных основаниях, а обкатываемые агрегаты, детали и сборочные единицы машин тщательно закрепляют на стендах.
4. Расстояние между ограждениями стационарных машин и конструктивными элементами здания (стены, колонны), а также ширина постоянных проходов, свободных от оборудования и коммуникаций, должны быть не менее 1,1м.
5. Рабочие места должны освещаться в соответствии со строительными нормами и правилами СНиП 11-4-79.
6. Допуск к работе и периодичность контроля над состоянием здоровья работающих должно определяться в порядке, установленном Минздравом РФ.

Перед началом работы:

1. Необходимо с лицами, обслуживающими стенд провести инструктаж по общим правилам техники безопасности, инструктаж на рабочем месте, а также обучить практическим навыкам выполнения работ.
2. Проверить крепление всех составных частей и деталей стенда.
3. Проверить наличие, исправность и крепление защитных ограждений вращающихся частей стенда и заземляющих проводов.
4. Проверить отсутствие подтеканий рабочей жидкости в гидропроводах и соединениях.

5. Проверить отсутствие посторонних лиц в опасных зонах вблизи стенда.

6. Провести завершающий контрольный осмотр.

При работе на испытательном стенде должны соблюдаться следующие меры безопасности:

1. Не допускается оставлять работающий стенд без присмотра.

2. Запрещается работать на испытательном участке без средств индивидуальной защиты.

3. Запрещается находиться на участке посторонним лицам.

4. Запрещается открывать защитный кожух вращающихся частей при работающем стенде.

5. Запрещается проводить испытание и обкатку двигателя при наличии течи в соединениях трубопроводов рабочей жидкости.

6. Запрещается работа на стенде при недостаточном уровне рабочей жидкости.

По окончании работы на стенде необходимо выполнение следующих требований:

1. Отключить питание электродвигателя насос-мотора и привода механизма поворота коленчатого вала.

2. Аккуратно слить рабочую жидкость в специальные емкости.

3. Провести демонтаж двигателя со стенда.

4. Провести контрольный осмотр всех частей и механизмов стенда.

5. Провести уборку используемого инвентаря в специально отведенные для этого шкафы и стеллажи.

Требования техники безопасности в аварийных ситуациях:

1. Немедленно остановить работу стенда во избежание ухудшения сложившейся ситуации.

2. Применить при необходимости средства индивидуальной защиты и аптечку.

3. Осведомить о сложившейся ситуации других работников, в том числе управляющих, и аварийные службы.

4. Покинуть помещение обкаточного участка. Находиться на безопасном расстоянии.

4.2 Электробезопасность

Вследствие того, что стенд для обкатки двигателя питается от сети напряжением 380 В, он заземлен, его электрический шкаф имеет блок предохранителя-выключателя электрического типа. В качестве индивидуального средства защиты от поражения электрическим током в помещении должны быть диэлектрические перчатки [18].

Чтобы обеспечить безопасность обслуживающего персонала, в распределительных сетях 380/220 В с заземленной нейтралью необходимо обкаточный стенд, нормально изолированный от токоведущих частей, соединить с заземленной нейтралью генератора или трансформатора. При замыкании на корпус какой-либо из фаз в ней возникает ток достаточной величины, обеспечивающий надежное срабатывание предохранителя [18].

4.3 Расчет заземления

Защитное заземление состоит в том, что заземляемые металлические части соединяют электрическим проводником с заземлителем, то есть с металлическим предметом, находящимся в непосредственном соприкосновении с землей или с группой таких предметов. Чаще всего – это стержни из стали, забитые в землю вертикально и соединенные между собой под землей приваренной к ним стальной полосой. Благодаря защитному заземлению напряжение, под которое может попасть человек, прикоснувшийся к заземленной части, значительно снижается.

Производим заземление установки для исследования рабочего процесса дизеля при работе на биотопливных композициях растительного происхождения.

В качестве заземления применяем стальные стержни диаметром 0,07 м и длиной 3 м ($d_c=0,07\text{м}$, $l_c=3\text{м}$) [18].

Сопротивление защищающего устройства R_3 складывается из сопротивления растеканию тока отдельных электродов заземлителя и сопротивления заземляющих проводников.

Определяем сопротивление растеканию тока одиночного заземлителя[18]:

$$R_{3p} = 0,366 \frac{\rho_{\text{расч}}}{l} \cdot \left(\lg \frac{2 \cdot l_c}{d_c} + \frac{1}{2} \cdot \lg \frac{4 \cdot h + l_c}{4 \cdot h - l_c} \right), \quad (4.1)$$

где $\rho_{\text{расч}}$ – расчетное удельное сопротивление грунта, Ом·м;

$$\rho_{\text{расч}} = \rho_{\text{табл}} \cdot K_{\text{п}}, \quad (4.2)$$

где $\rho_{\text{табл}}$ – табличное значение удельного сопротивления грунта, Ом·м;

$K_{\text{п}}$ – повышающий коэффициент.

$$\rho_{\text{расч}} = 20 \cdot 1,4 = 28 \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

$$R_{oc} = 0,366 \frac{28}{3} \cdot \left(\lg \frac{2 \cdot 3}{0,07} + \frac{1}{2} \cdot \lg \frac{4 \cdot 2 + 3}{4 \cdot 2 - 3} \right) = 7,2 \text{ Ом}$$

Определяем количество стержней заземления[18]:

$$n = \frac{R_{oc}}{R_{дон} \cdot \eta}, \quad (4.3)$$

где $R_{дон}$ – нормативное сопротивление растеканию тока заземляющего устройства, Ом; η – коэффициент экранирования стержневых заземлителей;

$$n = \frac{7,2}{4 \cdot 0,91} = 1,98 \text{ шт}$$

принимаем $n=2$ стержня.

Определяем общее сопротивление одиночных заземлителей[18]:

$$R_3' = \frac{R_{oc}}{n \cdot \eta} = \frac{7,18}{2 \cdot 0,91} = 3,94 \text{ Ом} \quad (4.4)$$

Находим длину соединительной полосы в ряд[18]:

$$l_{\text{сп}} = 1,05 \cdot (n-1) \cdot a, \quad (4.5)$$

где a – расстояние между одиночными заземлителями, м;

$$l_{СП} = 1,05 \cdot \sqrt{2 - 1} \cdot 3 = 3.15 \text{ м}$$

Определяем сопротивление соединительной полосы[18]:

$$R_{пол} = \frac{\rho_{расч}}{2 \cdot \pi \cdot l_{СП}} \cdot \lg \frac{2 \cdot l_{СП}^2}{b_n \cdot h}, \quad (4.6)$$

где b_n – ширина соединительной полосы, м; h – глубина заложения электродов, м.

$$R_{пол} = \frac{28}{2 \cdot 3,14 \cdot 3.15} \cdot \lg \frac{2 \cdot 3.15^2}{0,07 \cdot 0,5} = 3.9 \text{ Ом}$$

Определяем сопротивление соединительной полосы[18]:

$$R'_{пол} = \frac{R_{пол}}{\eta_n}, \quad (4.7)$$

где η_n – коэффициент использования соединительной полосы.

$$R'_{пол} = \frac{3.9}{0,7} = 5.6 \text{ Ом}$$

Проверяем сопротивление растеканию тока заземляющего устройства при выбранном количестве стержней с учетом влияния полосы связи.

$$R_3 = \frac{R'_3 \cdot R'_{пол}}{R'_3 + R'_{пол}} = \frac{3.94 \cdot 5.6}{3.94 + 5.6} = 2.3 \text{ Ом} \quad (4.8)$$

Рассчитанное сопротивление данного заземляющего устройства не превышает допустимого сопротивления 4 Ом [18].

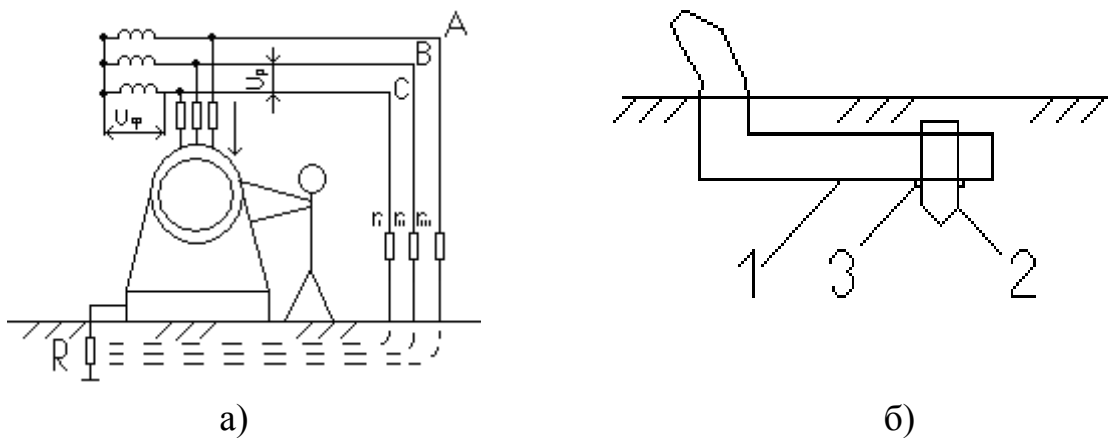


Рисунок 4.1 – Принципиальная схема защитного заземления: а – трехфазной сети; б – однофазной сети

4.4 Экологическая безопасность

Автомобильное хозяйство – важнейшая отрасль народного хозяйства страны, требующая для своей производственной деятельности привлечение природных ресурсов. Перевозка продукции, сырья, оказание транспортных услуг населению предполагает воздействие на окружающую среду, ее воздушный и водный бассейны, почву, растительный и животный мир.

Основным источником загрязнения атмосферного воздуха на автотранспорте являются двигатели внутреннего сгорания (дизельные в меньшей степени, карбюраторные в большей степени). Автомобили сжигают огромное количество ценных нефтепродуктов, нанося одновременно ощутимый урон окружающей среде, главным образом атмосфере. Поскольку основная масса автомобилей сконцентрирована в крупных городах, воздух этих городов не только обедняется кислородом, но и загрязняется вредными компонентами отработавших газов.

Во избежание отравления отработавшими газами запрещается работать при неисправной вентиляции помещения и негерметичности трубопроводов. Перед испытаниями необходимо проверить плотность соединения коллектора с блоком двигателя для предотвращения выхода выхлопных газов в помещение.

В выхлопах двигателей содержатся: окись углерода, окись азота, углеводород, соединения свинца, сажа, канцерогенные вещества.

В нашем проекте часть обкатки будет производиться воздействием масла, которое будет нагнетаться насосом в верхнюю полость цилиндра. В результате чего вредных выбросов происходить не будет, в виду того, что воздух из цилиндров будет выходить чистым без содержания выхлопных газов, так как обкатка холодная.

После холодной обкатки предусматривается проведение горячей обкатки. Основными элементами, вредными для здоровья человека,

выделяющимися при работе дизельного двигателя являются: окись углерода, окись азота и окись альдегидов.

Их выделение рассчитывают по формуле [19]:

$$G = \frac{(160 + 13,5V_n) \cdot \rho}{100}, \frac{\text{мг}}{\text{м}^3}; \quad (6.3)$$

где ρ – содержание вредных веществ в отработавших газах, мг; V_n – рабочий объем цилиндров двигателя, л [16]

$$V_n = 11,15 \text{ л.}$$

$$G = \frac{(160 + 13,5 \cdot 11,15) \cdot 0,054}{100} = 0,132 \frac{\text{мг}}{\text{м}^3}.$$

Содержание окиси углерода при работе двигателя $G = 0,132 \frac{\text{мг}}{\text{м}^3}$. Расчет содержания других вредных веществ, проводится аналогично. Результаты расчетов сводим в таблицы 4.1 и 4.2. При недостаточной вентиляции рабочие могут получить отравление окисью углерода. Симптомами отравления являются: головная боль, головокружение, бессонница, отсутствие аппетита, тошнота и усиленное сердцебиение. Смертельной считается концентрация $2,5 \frac{\text{мг}}{\text{м}^3}$ [19]. Эти вещества попадают также в окружающую среду.

Таблица 4.1 – Содержание вредных веществ в отработавших газах четырехтактного дизельного двигателя

Наименование	Окись углерода, мг	Окись азота, мг	Окись альдегидов, мг
Прогрев двигателя	0,071	0,07	0,051
Прогретый двигатель	0,054	0,05	0,037

Таблица 4.2 – Содержание вредных веществ в отработавших газах четырехтактного дизельного двигателя в зависимости от времени работы

Наименование	Окись углерода, мг	Окись азота, мг	Окись альдегидов, мг
За 1 час	0,132	0,122	0,091
За смену	1,056	0,981	0,726
За месяц	23,232	21,582	15,972
За год	272,448	253,098	187,308

4.5 Физическая культура на производстве

Связь физической культуры с трудовой деятельностью прослеживаются во многих аспектах. 1. Любой трудовой процесс имеет фазу вработывания, а при его большой продолжительности и напряженности и фазу снижения работоспособности. Средства физического воспитания ускоряют вработывание, замедляют падение работоспособности и производительное труда, способствуют более быстрому восстановлению утраченной в процесс труда нервно-психической и мышечной энергии.

2. Некоторые современные виды труда характеризуются малой мышечной активностью или локальной нагрузкой на отдельные части тела на отдельные функции организма. Средства физического воспитания позволяют предупредить отклонения в физическом состоянии и развитии, возникающие в силу специфики данного труда.

3. В современном производстве пока еще не исключены факторы и условия, создающие возможность профессиональных заболеваний. Средства физического воспитания выполняют профилактическую функцию и снижают вероятность появления типичных заболеваний и травм.

Ряд видов труда требует специальной физической подготовленности, которая может быть обеспечена только специфическими средствами и методами физической подготовки.

Внедрение физической культуры, таким образом, в научную организацию труда (НОТ) является существенной необходимостью. НОТ предусматривает оптимальное взаимодействие людей и техники в едином производственном процессе с целью повышения производительности труда, на базе укрепления здоровья и всестороннего гармонического физического развития трудящихся.

Непосредственно в рамках трудового процесса физическая культура представлена главным образом производственной гимнастикой, которая в основном имеет три формы: вводная гимнастика, физкультурные паузы и

физкультминуты. Для понимания их сути и отличительных особенностей требуется хотя бы в основных чертах представлять динамику оперативной работоспособности в течение рабочего дня, поскольку смысл всех форм производственной гимнастики заключается прежде всего в оптимальном оперативном управлении динамикой работоспособности, содействии максимальной производительности труда без ущерба для здоровья работающих. Оперативная работоспособность человека, как показали исследования в лабораториях и на производстве, на протяжении рабочего дня претерпевает ряд закономерных последовательных изменений. В типичном случае - при достаточно высоком темпе трудовых действий, значительной напряженности и продолжительности рабочего дня - показатели ее вначале возрастают, затем стабилизируются и в конце снижаются. При этом чередуется три периода (или фазы):

- период вработывания (примерно первые 0,5-1 ч работы), когда на основе «настраивания» регуляторных процессов и активизации функций организма увеличиваются внешние показатели работоспособности, растет производительность труда.
- период стабилизации, когда наблюдаются устойчиво высокие показатели работоспособности.
- период относительного и прогрессирующего снижения оперативной работоспособности (период утомления), когда производительность труда уменьшается.

Представленная динамика оперативной работоспособности в различных условиях трудового процесса видоизменяется. Нередко на фоне утомления (перед обеденным перерывом и в конце рабочего дня) показатели труда временно повышаются. Это явление получило название «конечного порыва» оно возникает в силу мобилизации работающих систем, как своеобразная условно - рефлекторная реакция на момент окончания работы. Также динамика работоспособности зависит от характера производственной деятельности, психической нагрузки, гигиенических условий и т.п.

Вводная гимнастика - организованное, систематическое выполнение специально подобранных физических упражнений перед началом работы с целью быстрого вработывания. Физкультурная пауза - выполнение физических упражнений в период рабочей смены с целью достижения срочного адаптивного отдыха. Физкультминуты - представляют собой кратковременные перерывы в работе от 1 до 3 мин, когда выполняются 2-3 физических упражнения.

5 ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ

5.1 Расчёт затрат на изготовление стенда для обкатки двигателя ЯМЗ-236

Расчёт затрат на изготовление стенда для обкатки дизеля ЯМЗ-236 зависит от места выполнения работ. Если работы выполняются на том же участке, для которого она предназначена, то ценовые затраты на изготовление могут быть рассчитаны по следующей формуле:

$$C_{\text{ц}} = C_{\text{к.д.}} + C_{\text{о.д.}} + C_{\text{п.д.}} + C_{\text{с.б.}} + C_{\text{в.м.}} + C_{\text{о.п.}}, \text{руб.} \quad [20]$$

где $C_{\text{к.д.}}$ – стоимость изготовления корпусных деталей, руб.; $C_{\text{о.д.}}$ – стоимость изготовления оригинальных деталей, руб.; $C_{\text{п.д.}}$ – цена покупных деталей, изделий, узлов, руб.; $C_{\text{с.б.}}$ – полная оплата труда с отчислениями на социальные нужды производственных рабочих, занятых на сборке, руб.; $C_{\text{в.м.}}$ – стоимость вспомогательных материалов, руб.; $C_{\text{о.п.}}$ – общепроизводственные (ценовые) накладные расходы на изготовление конструкции, руб.

Затраты на изготовление оригинальных деталей:

$$C_{\text{о.д.}} = C_{\text{пр.н.}} + C_{\text{м.}}, \text{руб.}, \quad [20]$$

где $C_{\text{пр.н.}}$ – оплата труда (с начислениями) производственных рабочих, занятых на изготовлении оригинальных деталей, руб.;

$$C_{\text{пр.н.}} = C_{\text{пр.}} + C_{\text{д.}} + C_{\text{соц.}}, \text{руб.}, \quad [20]$$

где $C_{\text{пр.}}$ и $C_{\text{д.}}$ – соответственно основная и дополнительная оплата труда производственных рабочих, руб.; $C_{\text{соц.}}$ – начисления на социальные нужды, руб.

Основная оплата труда:

$$C_{\text{пр.}} = t_{\text{ср.}} \cdot C_{\text{ч}} \cdot K_{\text{д.}}, \text{руб.}, \quad [20]$$

где $t_{\text{ср.}}$ – средняя трудоёмкость изготовления оригинальных деталей, чел.-ч.: $t_{\text{ср.}}=4$ чел.-ч; $C_{\text{ч}}$ – часовая ставка рабочих, исчисляемая по 5-му разряду, руб.: $C_{\text{ч}}=29,09$ руб.

$K_{\text{д}}$ – коэффициент, учитывающий доплаты к основной заработной плате,

$$K_{\text{д}}=1,125-1,130.$$

$$C_{\text{пр.}} = 4 \cdot 29,09 \cdot 1,130 = 131,49 \text{ руб.}$$

Дополнительная оплата труда:

$$C_{\text{д}} = 12,5 \cdot C_{\text{пр.}} / 100, \text{ руб.}$$

$$C_{\text{д}} = 12,5 \cdot 131,49 / 100 = 16,43 \text{ руб}$$

Начисления на социальные нужды:

$$C_{\text{соц.}} = R_{\text{соц.}} \cdot (C_{\text{пр.}} + C_{\text{д.}}) / 100, \text{ руб.}$$

$$C_{\text{соц.}} = 26 \cdot (131,49 + 16,43) / 100 = 38,46 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{пр.н.}} = 131,49 + 16,43 + 38,46 = 186,38 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{м}} = 329,1 + 357,74 + 4265,6 + 311,1 = 5263,5 \text{ руб}$$

$$C_{\text{о.д.}} = 186,38 + 5263,5 = 5449,9 \text{ руб.}$$

Таблица 5.1 – Стоимость материала для изготовления оригинальных деталей

Наименование материала	Цена за 1 кг, руб	Масса, кг	Цена всего, руб
Пруток металлический круглый	35	68,3	2390,5
Швеллер	21,50	94,84	20390,6
Прокат горячий листовой толстый	34,35	15,45	530,7
Пруток стальной горячекатаный шестигранный	35,42	64,3	2277,5
Сталь горячекатаная круглая	36,17	28,9	1045,3
Прокат горячий листовой тонкий	35,42	31,1	1101,6
Уголок стальной горячекатаный равнополочный	37,5	44,7	1676,25
Итого			29412,45

Для изготовления установки применяется корпусная деталь (рама):

$$C_{К.Д.} = C_{М.К.} + З_{П.К.}, \text{руб.}, \quad [20]$$

где $C_{К.Д.}$ – затраты на изготовление корпусной детали, руб.; $З_{П.К.}$ – оплата труда (с начислениями) производственных рабочих, занятых на изготовлении корпусных деталей, руб.; $C_{М.К.}$ – стоимость материала, израсходованного на изготовление рамы, руб.:

$$C_{М.К.} = Ц_{З.К.} \cdot Q_{К.Д.}, \text{руб.}, \quad [20]$$

где $Ц_{З.К.}$ – цена 1 кг металла, руб.; $Q_{К.Д.}$ – масса заготовки, кг.

$$C_{М.К.} = 34,35 \cdot 15,45 + 35 \cdot 68,3 + 21,50 \cdot 948,4 + 35,42 \cdot 64,3 + 36,17 \cdot 28,9 + 35,42 \cdot 31,1 + 37,5 \cdot 44,7 = \\ = 530,7 + 2390,5 + 20390,6 + 2277,5 + 1045,3 + 1101,6 + 1676,25 = 29412,45 \text{ руб.}$$

Основная оплата труда:

$$З_{П.К.} = t_{CP} \cdot C_q \cdot K_d, \text{руб.}, \quad [20]$$

$$t_{CP} = 2 \text{ чел.-ч.}, C_q = 29,09 \text{ руб.}, K_d = 1,130$$

$$З_{П.К.} = 2 \cdot 29,09 \cdot 1,130 = 65,74 \text{ руб.}$$

Дополнительная оплата труда:

$$З_{Д.П.К.} = 12,5 \cdot 65,74 / 100 = 8,22 \text{ руб.}$$

Начисления на социальные нужды:

$$З_{СОЦ.П.К.} = 26 \cdot (65,74 + 8,22) / 100 = 19,23 \text{ руб.}$$

$$З_{П.К.Н.} = 65,74 + 8,22 + 10,22 = 84,18 \text{ руб.}$$

$$C_{К.Д.} = 84,18 + 29412,45 = 29496,63 \text{ руб.}$$

$$C_{П.Д.} = 2520 + 2880 + 276 + 372 + 17200 + 8300 + 620 + 1120 = 33288 \text{ руб.}$$

Стоимость вспомогательных материалов:

$$C_{В.М.} = 2(C_{О.Д.} + C_{К.Д.} + C_{П.Д.}) / 100, \text{руб.}, \quad [20]$$

$$C_{В.М.} = 2(5449,9 + 29496,63 + 33288) / 100 = 1364,69 \text{ руб.}$$

Полная оплата труда производственных рабочих, занятых на сборке конструкции, составит:

$$C_{СБ.К.} = C_{СБ.} + C_{Д.СБ.} + C_{СОЦ.СБ.}, \text{руб.}, \quad [20]$$

где $C_{сб.}$ и $C_{д.сб.}$ – соответственно основная и дополнительная оплата труда производственных рабочих, занятых на сборке, руб.; $C_{соц.сб.}$ – начисления на социальные нужды на оплату труда этих рабочих, руб.

Таблица 5.2 – Стоимость покупных узлов, агрегатов, деталей

Наименование	Количество	Цена покупной детали, узла, агрегата, руб.	
		За единицу	Всего
Перепускной клапан	2	1260	2520
Электромагнитный клапан	2	1440	2880
Штуцер для соединения трубопроводов	6	46	276
Эластичная муфта	1	372	372
Агрегат насосный	1	17200	17200
Блок управления электромагнитными клапанами	1	8300	8300
Штуцер	1	620	620
Шланг гидравлический	4	280	1120
Итого			33288

Основную оплату труда производственных рабочих, занятых на сборке стенда, рассчитывают по формуле:

$$C_{сб.} = T_{сб.} \cdot C_q \cdot K_{д.}, \text{руб.}, \quad [20]$$

где $T_{сб.}$ – нормативная трудоёмкость сборки конструкции, чел.-ч.

$$T_{сб.} = K_c \cdot \sum t_{сб.}, \text{чел. - ч.}, \quad [20]$$

где K_c – коэффициент, учитывающий соотношение между полным и оперативным временем сборки, $K_c=1,08$; $\sum t_{сб.}$ - суммарная трудоёмкость сборки составных частей конструкции, чел.-ч.

$$\sum t_{сб.} = 10 \text{ чел. - ч.},$$

$$T_{сб.} = 1,08 \cdot 10 = 10,8 \text{ чел. - ч.},$$

$$C_q = 25,72 \text{руб.},$$

$$C_{сб.} = 10,8 \cdot 25,72 \cdot 1,13 = 313,89 \text{руб.},$$

$$C_{д.} = 12,5 \cdot 313,89 / 100 = 39,24 \text{ руб.},$$

$$C_{соц.} = 26 \cdot (313,89 + 39,24) / 100 = 91,8 \text{ руб.},$$

$$C_{сб.к.} = 313,89 + 39,24 + 91,8 = 444,94 \text{ руб.}$$

Общепроизводственные накладные расходы на изготовление конструкции:

$$C_{о.п.} = C'_{пр.} \cdot R_{о.п.} / 100, \text{ руб.}, \quad [20]$$

где $C_{пр.}$ – основная оплата труда производственных рабочих, участвующих в изготовлении стенда, руб.:

$$C'_{пр.} = C_{пр.н.} + C_{сб.к.} + C_{к.д.}, \text{ руб.} \quad [20]$$

$$C'_{пр.} = 186,38 + 444,94 = 631,32 \text{ руб.}$$

$R_{о.п.}$ – процент общепроизводственных расходов: $R_{о.п.} = 142 \%$

$$C_{о.п.} = 631,32 \cdot 142 / 100 = 896,5 \text{ руб.}$$

Все полученные данные расчётов округляются до целых чисел. Тогда стоимость конструкции равна:

$$C_{д.кон.} = 29497 + 5450 + 33288 + 314 + 1365 + 897 \cdot 2,5 = 177028 \text{ руб.}$$

5.2 Расчёт экономической эффективности проекта стенда для обкатки дизеля ЯМЗ-236

Расчёт экономической эффективности проводится по методике определения экономической эффективности использования в сельском хозяйстве результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, новой техники, изобретений и рационализаторских предложений [20].

Эффективность разрабатываемого метода обкатки двигателя определяется путём сравнения затрат по двум вариантам:

- базовый метод, заключающийся в применении бестормозного стенда;

- предложенным методом, заключающимся в использовании стенда для обкатки двигателя ЯМЗ-236, спроектированного по аналогии со стендом для динамического нагружения двигателя.

$$\mathcal{E}_r = P_{31} - P_{32}, \text{руб.}$$

где P_{31} – приведённые затраты при базовом варианте, руб.; P_{32} – приведённые затраты при предложенном варианте, руб.

Приведённые затраты определяются как сумма удельных эксплуатационных и капитальных затрат с учётом коэффициента эффективности капитальных вложений:

$$P_3 = C + K \cdot E_H, \text{руб.}$$

где C – эксплуатационные затраты, руб.; K – удельные капитальные затраты, руб.; E_H – коэффициент сравнительной эффективности капитальных затрат ($E_H=0,1$).

Удельные капитальные затраты:

$$K = B / A_H, \text{руб.}, \quad [21]$$

где B – балансовая стоимость, руб.; A_H – годовая программа, шт. $A_H=100$

$$B = B_O + B_H, \text{руб.},$$

$$B_O = C \cdot K_T, \text{руб.},$$

где C – стоимость оборудования, руб.; K_T – коэффициент, учитывающий накладные расходы, $K_T=1,1$.

Стоимость базового стенда для бестормозной обкатки составляет 350000 руб.

$$B_{O1} = 350000 \cdot 1,1 = 385000 \text{ руб.}$$

$$B_{O2} = 175460 \cdot 1,1 = 193006 \text{ руб.}$$

$$B_H = P \cdot C_H, \text{руб.}, \quad [21]$$

где P – площадь помещения для обкатки автотракторных двигателей. Для базового-16 м², для проектируемого-16,5 м²; C_H – стоимость 1 м² производственного помещения: $C_H=1525$ руб.

Таблица 5.3 – Исходные данные для расчета экономической эффективности внедрения обкатки дизеля ЯМЗ-236

Показатели	Обозначение	Базовый	Проектируемый
Годовая программа ремонта дизелей, шт.	$A_{И}$	100	100
Стоимость обкаточного стенда, тыс. руб.	$У_О$	350000	177028
Трудоёмкость обкатки, чел.-ч.	B	4,7	4,2
Амортизационные отчисления, % на оборудование, % на помещение, %	$A_о$ $A_п$	12,5 2,5	12,5 2,5
Нормативные годовые отчисления на содержание и ремонт оборудования, % помещения, %	$H_о$ $H_п$	6 3	6 3
Часовая тарифная ставка слесаря 5-го разряда, руб.	$Ч$	29,09	29,09
Часовая тарифная ставка сварщика	$Ч$	37,73	37,73
Коэффициент, учитывающий дополнительную оплату труда	$K_о$	1,13	1,13
Коэффициент, учитывающий начисления на социальные нужды	$K_н$	1,261	1,261
Коэффициент, учитывающий накладные расходы	$K_т$	1,1	1,1
Стоимость 1кВт·ч электроэнергии, руб.	$Ц_э$	2,50	2,50
Стоимость 1м ² помещения, руб.	$Ц_п$	2525	2525
Стоимость 1литра масла, руб.	$Ц_м$	50	50
Занимаемая производственная площадь, м ²	$П$	16,0	16,5
Мощность обкатываемого стенда, кВт	$М$	30	31

$$B_{п1} = 16 \cdot 2525 = 40400 \text{ руб.}$$

$$B_{п2} = 16,5 \cdot 2525 = 41662,5 \text{ руб.}$$

$$B_1 = 385000 + 40400 = 425400 \text{ руб.}$$

$$B_2 = 193006 + 41662,5 = 234668,5 \text{ руб.}$$

$$K_1 = 425400 / 100 = 4254 \text{ руб.}$$

$$K_2 = 234668,5 / 100 = 2346,7 \text{ руб.}$$

Удельные эксплуатационные затраты:

$$C = C_{\text{пр.н.}} + C_{\text{а.о.}} + C_{\text{а.п.}} + C_{\text{т.о.}} + C_{\text{т.п.}} + C_{\text{э.}} + C_{\text{т.}}, \text{руб.}, \quad [21]$$

где $C_{\text{пр.н.}}$ – оплата труда (с начислениями) производственных рабочих, занятых на обкатке двигателей, руб.; $C_{\text{а.о.}}$ и $C_{\text{а.п.}}$ – амортизационные отчисления соответственно на оборудование и помещение, руб.; $C_{\text{т.о.}}$ и $C_{\text{т.п.}}$ – отчисления на содержание и текущий ремонт оборудования и помещения, руб.; $C_{\text{э.}}$ – стоимость электроэнергии, руб.; $C_{\text{т.}}$ – стоимость топлива, руб.

Для монтажа оборудования и обкатки двигателя требуется слесарь 5-го разряда с часовой тарифной ставкой соответственно 29,09 руб.

Трудоёмкость обкатки по базовому методу 4,7 чел.-ч., а по предлагаемому 4,2 чел.-ч.

Основная оплата труда:

$$C_{\text{пр.1}} = 4,7 \cdot 29,09 + 4,7 \cdot 37,73 = 314,05 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{пр.2}} = 4,2 \cdot 29,09 + 4,2 \cdot 37,73 = 280,65 \text{ руб.}$$

Дополнительная оплата труда:

$$C_{\text{д1}} = 12,5 \cdot 314,05 / 100 = 39,3 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{д2}} = 12,5 \cdot 280,65 / 100 = 35,1 \text{ руб.}$$

Отчисления на социальные нужды:

$$C_{\text{соц.1}} = 26 \cdot (314,05 + 39,3) / 100 = 91,9 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{соц.2}} = 26 \cdot (280,65 + 35,1) / 100 = 82,09 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{пр.н.1}} = 314,05 + 39,3 + 91,9 = 445,25 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{пр.н.2}} = 280,65 + 35,1 + 82,09 = 397,84 \text{ руб.}$$

Амортизационные отчисления на оборудование:

$$C_{\text{а.о.}} = B \cdot A_0 / A_{\text{н}} \cdot 100, \text{ руб.},$$

где A_0 – норма амортизационных отчислений на оборудование, %;
 $A_0=12,5\%$; $A_{\text{н}}$ – годовая программа ремонта дизелей, шт.; $A_{\text{н}}=100$.

$$C_{\text{а.о.1}} = 385000 \cdot 12,5 / 100 \cdot 100 = 481,3 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{а.о.2}} = 193006 \cdot 12,5 / 100 \cdot 100 = 241,3 \text{ руб.},$$

Аналогично рассчитываем амортизационные отчисления на помещения: $A_0=2,5\%$

$$C_{\text{а.п.1}} = 40400 \cdot 2,5 / 100 \cdot 100 = 101 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{а.п.2}} = 41662,5 \cdot 2,5 / 100 \cdot 100 = 104 \text{ руб.}$$

Отчисления на содержание и текущий ремонт оборудования и помещений:

$$C_{\text{т.о.}} = B_0 \cdot H_0 / A_{\text{н}} \cdot 100, \text{ руб.}, \quad [21]$$

где H_0 – норма годовых отчислений на содержание и текущий ремонт: для оборудования $H_0=6\%$.

$$C_{\text{т.о.1}} = 385000 \cdot 6 / 100 \cdot 100 = 231 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{т.о.2}} = 193006 \cdot 6 / 100 \cdot 100 = 115,8 \text{ руб.}$$

Аналогично рассчитываем затраты на содержание и текущий ремонт для помещений: $H_{\text{п}}=3\%$.

$$C_{\text{т.п.1}} = 40400 \cdot 3 / 100 \cdot 100 = 121 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{т.п.2}} = 41662,5 \cdot 3 / 100 \cdot 100 = 125 \text{ руб.}$$

Затраты на электроэнергию:

$$C_{\text{э.}} = M \cdot T_{\text{о}} \cdot \Pi_{\text{э}} / A_{\text{н}}, \text{ руб.} \quad [21]$$

где M – мощность обкаточного станда, кВт; T_0 – годовой фонд работы оборудования, ч; $C_э$ – цена 1 кВт электроэнергии, руб.

Мощность обкаточного станда в базовом варианте 30 кВт, в предлагаемом варианте 31 кВт; годовой фонд работы 200 ч, цена 1кВт электроэнергии 2,50 руб.

$$C_{э,1} = 30 \cdot 200 \cdot 2,50 / 100 = 150 \text{ руб.}$$

$$C_{э,2} = 31 \cdot 200 \cdot 2,50 / 100 = 155 \text{ руб.}$$

Затраты на топливо:

$$C_{м.} = Y_{м.} \cdot Q, \text{ руб.}, \quad [21]$$

где $Y_{м.}$ – комплексная цена масла, руб.: $Y_{м.}=50$ руб.; Q – количество масла, кг.
 $Q_1=27$ кг, $Q_2=24$ кг.

$$C_{м,1} = 50 \cdot 27 = 1350 \text{ руб.},$$

$$C_{м,2} = 50 \cdot 24 = 1200 \text{ руб.}$$

Удельные эксплуатационные затраты:

$$C_1 = 445,25 + 481,3 + 101 + 231 + 121 + 150 + 1350 = 2879,55 \text{ руб.},$$

$$C_2 = 397,84 + 241,3 + 104 + 115,8 + 125 + 155 + 1200 = 2338,94 \text{ руб.}$$

Приведённые затраты:

$$П_{31} = 2879,55 + 0,1 \cdot 4254 = 3304,95 \text{ руб.},$$

$$П_{32} = 2338,94 + 0,1 \cdot 2346,7 = 2573,61 \text{ руб.}$$

Годовой экономический эффект:

$$\mathcal{E}_Г = (П_{31} - П_{32}) \cdot A_{II}, \text{ руб.}$$

$$\mathcal{E}_Г = (3304,95 - 2573,61) \cdot 100 = 73134 \text{ руб.}$$

Годовая экономия эксплуатационных затрат:

$$\mathcal{E}_э = (2879,55 - 2338,94) \cdot 100 = 54061 \text{ руб.}$$

Экономическая эффективность капитальных вложений:

$$\mathcal{E}_C = \mathcal{E}_3 / B, \% \quad [21]$$

$$\mathcal{E}_{C2} = 54061 / 193006 = 0,28.$$

Срок окупаемости:

$$T_C = B / \mathcal{E}_2, \text{лет} \quad [21]$$

$$T_C = 193006 / 73134 = 2,6 \text{года.}$$

Таблица 5.4 – Экономическая эффективность совершенствования технологии обкатки дизеля ЯМЗ-236

Показатели	Технология обкатки	
	Существующая	Проектная
Балансовая стоимость, руб.		
стенда	385000	193006
помещения	40400	41663
Удельные эксплуатационные затраты, руб. на 1 обкатку	2880	2339
Годовая экономия эксплуатационных затрат, руб.	-	54061
Удельные капитальные затраты, руб.	4254	2347
Приведённые затраты, руб.	3305	2574
Годовой экономический эффект, руб.	-	73134
Коэффициент экономической эффективности	-	0,28
Срок окупаемости капитальных вложений, лет	-	2,6

Анализ полученных данных показывает, что при реализации разрабатываемой технологии сокращается расход электроэнергии, за счет сокращения потребляемой мощности, снижается трудоемкость процесса обкатки, время затрачиваемое на приработку двигателя, снижется расход топлива на одну обкатку, кроме того происходит уменьшение: стоимости оборудования, удельных капитальных вложений, удельных эксплуатационных затрат, приведённых затрат. Срок окупаемости составит 2,6 года.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Из анализа существующих методов и средств обкатки следует, что применение существующих способов обкатки не позволяет обеспечить достаточной эффективности приработки, снижения износа поверхностей трения в начальный период, равномерной приработки в цилиндрах двигателя, исключения областей схватывания металла из-за неправильности макро- и микрогеометрии. Поэтому для повышения эффективности обкатки автотракторных двигателей внутреннего сгорания предлагается обкатка со статико-динамическим нагружением, позволяющая частично устранить вышеперечисленные недостатки.

Применение новых принципов обкатки совместно с известными позволяет получить технический результат, заключающийся в повышении качества приработки и снижения первоначального износа.

Разработаны мероприятия по технике безопасности жизнедеятельности при проведении обкатки на производстве, а также экологической безопасности.

Из проведенного экономического обоснования можно сделать вывод о целесообразности обкатки со статико-динамическим нагружением по сравнению с тормозным способом обкатки

Анализ полученных данных показывает, что происходит снижение:

- удельных эксплуатационных затрат;
- удельных приведенных затрат.

Годовая экономия эксплуатационных затрат составит 54061 руб., годовой экономический эффект 73134 руб.

Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений составляет 2,6 года.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Храмцов, Н. В. Надежность отремонтированных автотракторных двигателей / Н. В. Храмцов. – М.: Росагропромиздат, 1989. – 189 с.
2. Воинов, Н. П. Повышение долговечности двигателей при помощи обкатки / Н. П. Воинов. – М.: Машгиз, 1956. – 259 с.
3. Гаенко, Л. М. Приработка и испытание автомобильных двигателей / Л. М. Гаенко. – М.: Автотрансиздат, 1966. – 107 с.
4. Казарцев, В. И. Режим ускоренной полной приработки дизельного двигателя с наименьшим начальным износом / В. И. Казарцев, Г. П. Шаронов. – Л.: Дом науч.-техн. пропаганды, 1961. – 70 с.
5. Погорелый, И. П. Обкатка и испытание тракторных и автомобильных двигателей / И. П. Погорелый. – М.: Колос, 1973. – 208 с.
6. Савченко, М. З. Теоретические и экспериментальные основы процесса приработки сопряжений деталей двигателей: Автореф. дис. ... докт.техн.наук / М. З. Савченко. – Киев. 1971. – 20 с.
7. Обкатка и испытание тракторных и комбайновых дизелей на ремонтных предприятиях Госкомсельхозтехники. РТМ 70.0001.078-82. – ГОСНИТИ, 1983. – 93 с.
8. Воинов, Н. П. Выбор оптимальных условий обкатки двигателей / Н. П. Воинов. – Вестник машиностроения, 1955, № 2. – С. 25-27.
9. Храмцов, И. В. Обкатка и испытание автотракторных двигателей / И. В. Храмцов. – М.: Агропромиздат, 1991. – 125 с.
10. А.с. № 1326938 (СССР). Стенд для обкатки двигателя внутреннего сгорания / А. В. Николаенко, С. В. Тимохин и др. – Оpubл. в Б.И. № 28, 1987.
11. Тимохин, С. В. Энергоресурсосбережение при обкатке тракторных дизелей путем создания и реализации в ремонтном производстве модулей с динамическим нагружением / С. В. Тимохин. – Автореф. дис. ... д-ра техн. наук. С.-Петербург, 1999. – 37 с.

12. Курчаткин, Н. Ф. Надежность и ремонт машин / Н. Ф. Курчаткин, К. А. Тельнов. – М.: Колос, 2000. – 776 с.
13. Решетов, Д. И. Детали машин: Учебник для студентов машиностроительных вузов / Д. И. Решетов. – 4-е изд. перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1989. – 496с.
14. Редукторы и мотор-редукторы общемашиностроительного применения: Справочник / Л. С. Бойко, А. З. Высоцкий, Э. Н. Галиченко и др. – М.: Машиностроение, 1984. – 247 с., ил.
15. Проектирование передач зацеплением: Учебное пособие / В. А. Чугунов, В. М. Поветкин, С. И. Щербаков. – Пенза, 2006. – 191 с.
16. Каталог деталей двигателей ЯМЗ / Л. Д. Камочкин, Ю. Ф. Морозов, Г. И. Созинов. Машиностроение, М: 1984. – 243с.
17. Ерохин, М. Н. Проектирование и расчет подъемно-транспортных машин сельского назначения / М. Н. Ерохин, А. В. Карп, Н. А. Вашкребенцев и др., под ред. М. Н. Ерохин, А.В. Карп. – М.: Колос 1999. – 228 с.
18. Белков, Г. И. Охрана труда / Г. И. Белков.– М.: Агропромиздат, 1990. – 320 с.
19. Зотов, Б. И. Безопасность жизнедеятельности на производстве / Б. И. Зотов, В. И. Курдюмов. – 2-е изд., перераб. и доп.– М.: Колос, 2003. – 432 с.
20. Волкова, Н. А. Экономическое обоснование инженерно-технических решений в дипломных проектах / Н. А. Волкова. – 2-е изд., перераб. и доп., – Пенза: Пензенская ГСХА, 2000. – 167 с.
21. Волкова, Н. А. Экономическая оценка инженерных проектов (методика и примеры расчетов на ЭВМ) / Н. А. Волкова, И. А. Спицын, В. В. Коновалов, А. С. Иванов. – Учебное пособие. – Пенза: РИО ПГСХА, 2002 – 242 с.
22. Исаев, А. П. Гидравлика и гидромеханизация сельского хозяйства. / А. П. Исаев, Б. И. Сергеев; В.А. Дидур. – Москва ВО «Агропромиздат» 1990. – 399с.

СПЕЦИФИКАЦИИ

Перед. примеч.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
						<u>Документация</u>		
					ВКР 35.03.06.374.18.СХ0.05.01.00.СБ	Сборочный чертеж		
						<u>Детали</u>		
Справ. №				1	ВКР 35.03.06.374.18.СХ0.01.01.01	Рама	1	
				2	ВКР 35.03.06.374.18.СХ0.01.01.02	Стойка	1	
				3	ВКР 35.03.06.374.18.СХ0.01.01.03	Стойка	1	
				4	ВКР 35.03.06.374.18.СХ0.01.01.04	Рама	1	
				5	ВКР 35.03.06.374.18.СХ0.01.01.05	Плита	1	
				8	ВКР 35.03.06.374.18.СХ0.01.01.08	Шатун	1	
						<u>Стандартные изделия</u>		
Подп. и дата				9		Болт 1110 x 15-6g x 4210940X26 ГОСТ 22034-76	2	
				10		Гайка М10 ГОСТ 15525-70	2	
Взам. инв. №								
Подп. и дата								
Инв. № подл.					ВКР 35.03.06.374.18.СХ0.03.01.00			
	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
	Разраб.	Закиров Р.А.				Стенд для обкатки двигателя		
	Пров.	Нурмиев А.А.						
	Консул.							
	Н.контр.	Ликсиплин Г.В.						
	Утв.	Хафизов К.А.				Лит. Лист Листов д\п 1		
						Казанский ГАУ каф. ТАиЭУ заочное отделение, группа 2442с		
						Копировал Формат А4		

