

Казанский государственный аграрный университет
Институт механизации и технического сервиса

Кафедра «Техносферная безопасность»

Направление «Агроинженерия»

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

Тема: «Совершенствование технологии обкатки дизелей ЯМЗ-236 с разработкой стенда для холодной обкатки со статико-динамическим нагружением»

Шифр ВКР 35.03.06.148.20

Выполнил

студент


подпись

Хайрутдинов Л.Р.
Ф.И.О.

Руководитель

доцент
ученое звание


подпись

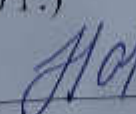
Гаязиев И.Н.
Ф.И.О.

Обсужден на заседании кафедры и допущен к защите

(протокол № 6 от 03 февраля 2020 г.)

Зав. кафедрой

доцент
ученое звание


подпись

Гаязиев И.Н.
Ф.И.О.

Казань – 2020 г.

ФГБОУ ВО Казанский государственный аграрный университет
Институт механизации и технического сервиса

Кафедра Техническая безопасность
Направление Агроинженерия
Профиль Технический сервис в АКТ

«УТВЕРЖДАЮ»

Зав. кафедрой

Галеев И.В.

« 10 » сентября 20 20 г.

ЗАДАНИЕ

на выпускную квалификационную работу

Студенту Хайруллин Р. Р.

Тема ВКР Совершенствование технологий обкатки дисков ЗМЗ-236
с разработкой стенда для холодной обкатки со статическим
динамическим нагружением.

утверждена приказом по вузу от « 10 » сентября 20 20 г. № 4

2. Срок сдачи студентом законченной ВКР 03.02.2020 год

3. Исходные данные Литературный потенциал кафедры

4. Перечень подлежащих разработке вопросов Анализ существующих
способов и средств обкатки автотракторных двигателей.
Технологическая часть
Конструктивная часть

5. Перечень графических материалов

1. Потолочный обзор
2. Технологическая карта
3. Стенд для сборки двигателя
4. Рамка Стенда
5. Техника экологическое показатели

6. Консультанты по ВКР

Раздел (подраздел)	Консультант
Анализ существующих способов и сборки двигателя	
Технологическая часть	
Конструктивная часть	

7. Дата выдачи задания

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

№ п/п	Наименование этапов ВКР	Срок выполнения	Примечание
	Анализ существующих способов	15.01.2020 г.	
	Технологическая часть	25.01.2020 г.	
	Конструктивная часть	03.02.2020 г.	

Студент Хаймурзаев И.Р. (Хаймурзаев И.Р.)

Руководитель ВКР Галиев Ч.И. (Галиев Ч.И.)

АННОТАЦИЯ

На выпускную квалификационную работу Хайрутдинов Л.Р. на тему «Совершенствование технологии обкатки дизелей ЯМЗ-236 с разработкой стенда для холодной обкатки со статико-динамическим нагружением».

Выпускная квалификационная работа состоит из пояснительной записки на 72 листах машинописного текста и графической части на 5 листах формата А1.

Пояснительная записка состоит из введения, трех разделов, заключения и списка использованной литературы.

В первом разделе приводится анализ существующих способов и средств обкатки автотракторных двигателей.

Во втором разделе приведена технология обкатки дизелей со статико-динамическим нагружением. Расчет электробезопасности. Расчет заземления.

В третьем разделе приводится назначение, устройство и принцип действия обкаточного стенда. Конструктивный расчет обкаточного стенда. Разработка инструкции по охране труда при работе со стендом для холодной обкатки со статико-динамическим нагружением. Физическая культура на производстве. Экологическая безопасность. Расчет технико-экономических показателей эффективности конструкции.

ANNOTATION

For the graduation qualification work of Hayrutdinov L.R. on the topic "Improvement of technology of diesel ЯМЗ-236" with the development of a stand for cold running with static-dynamic loading. "

Graduation qualification consists of an explanatory note on 72 pages of typewritten text and a graphic part on 5 sheets of A1 format.

The explanatory note consists of an introduction, three sections, an opinion and a list of used literature.

The first section provides an analysis of the existing methods and means of rolling motor engines.

The second section describes the technology of running-in of diesel engines with static-dynamic loading. Calculation of electrical safety. Grounding calculation.

The third section describes the purpose, arrangement and operation of the rolling bench. Design calculation of the rolling bench. Development of labor safety instructions when working with a stand for cold rolling with static-dynamic loading. Physical culture in the workplace. Environmental safety. Calculation of technical and economic indicators of design efficiency.

СОДЕРЖАНИЕ

	стр
ВВЕДЕНИЕ	8
1 АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ СПОСОБОВ И СРЕДСТВ ОБКАТКИ АВТОТРАКТОРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ	11
1.1 Анализ способов холодной обкатки двигателей	12
1.2 Анализ способов горячей обкатки двигателей	18
1.3 Анализ существующих средств для приработки двигателей	21
1.4 Пути повышения качества приработки двигателей	26
1.5 Анализ влияния состояния поверхностного слоя на прирабатываемость деталей двигателя	28
1.6 Анализ влияния состояния упрочняющей финишной обработки на качество поверхностей трения деталей	28
1.7 Влияние микро - и макрогеометрии поверхностей трения на прирабатываемость деталей двигателя	31
2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	34
2.1 Технология обкатки дизелей со статико-динамическим нагружением	34
2.2 Электробезопасность	38
2.3 Расчет заземления	38
3 КОНСТРУКТИВНАЯ ЧАСТЬ	42
3.1 Назначение, устройство и принцип действия обкаточного станда	42
3.2 Выбор электродвигателя для привода коленчатого вала ДВС ...	47
3.3 Расчет резьбы стойки станда	48
3.4 Гидравлический расчет	53
3.5 Разработка инструкции по охране труда при работе со	

	стендом для холодной обкатки со статико-динамическим нагружением.....	57
3.6	Физическая культура на производстве.....	60
3.7	Экологическая безопасность.....	60
3.8	Расчёт технико-экономических показателей эффективности конструкции	62
ОБЩИЕ ВЫВОДЫ.....		70
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....		71
СПЕЦИФИКАЦИЯ.....		73

ВВЕДЕНИЕ

В обеспечении успешной производственной деятельности хозяйств важная роль принадлежит их ремонтной службе. Автомобильное хозяйство страны располагает развитой системой ремонтно-обслуживающих предприятий и СТО. Однако перед автомобильным хозяйством стоят серьезные задачи по совершенствованию технологии ремонта и технического обслуживания.

Решение задач своевременного и качественного ремонта приобретает тем большее значение, что автопредприятия всё больше оснащаются сложной техникой: автобусами большой вместимости, автопоездами, грузовыми автомобилями большой грузоподъемности и т.д. Это усложняет решение технологических задач при ремонте и повышает ответственность ремонтной службы предприятия за техническую готовность и безотказность машин.

Важнейшим требованием к продукции ремонтного производства в настоящее время является обеспечение её высокого качества. Наряду со множеством других мероприятий повышение качества ремонта обеспечивается и правильно выполненной обкаткой, которая является завершающей операцией технологического процесса капитального и текущего ремонта двигателей.

В процессе обкатки происходит взаимная приработка подвижных сопряжений механизмов, исправление микро- и макрогеометрических отклонений их формы, увеличение площади контактирования поверхностей и снижение удельных нагрузок, сил трения и интенсивности изнашивания. Кроме того, в процессе обкатки выявляются неисправные узлы и детали, недостатки сборочных и регулировочных операций.

Сложившиеся технологии обкатки тракторных дизелей после ремонта предусматривают технологическую и эксплуатационную обкатки на режимах, рекомендованных ТУ ГОСНИТИ и др. организациями.

Рекомендуемые технологии обкатки дизелей при точном выполнении обеспечивают достаточно хорошие результаты в условиях ремонтного производства. Вместе с тем они обладают рядом недостатков методического, технико-экономического и экологического характера, среди которых следует отметить несоответствие используемых при технологической обкатке установившихся нагрузочно-скоростных режимов эксплуатационным: большая мощность, габариты и стоимость обкаточных стендов, вспомогательного оборудования и производственных площадей, необходимость использования нескольких типоразмеров обкаточных стендов для обкатки различных марок автомобильных дизелей, зависимость коэффициентов использования электроэнергии электромашин с фазным ротором от частоты вращения, перерасход топлива при обкатке под нагрузкой, высокий уровень шума, тепловыделений, вибраций, загазованности в помещениях для обкатки, повышенная пожароопасность. При проведении эксплуатационной обкатки не всегда выдерживаются рекомендуемые нагрузочно-скоростные режимы, что ухудшает приработку сопряжений и технико-экономические показатели дизелей. В связи с этим является актуальной задача повышения эффективности обкатки тракторных дизелей.

Способ приработки поршневого двигателя внутреннего сгорания заключается в том, что перед этапом холодной обкатки нагружение двигателя осуществляют циклически путём подачи рабочего тела под давлением от внешнего источника в неработающие цилиндры двигателя, коленчатый вал которого вращается со сверхнизкой частотой вращения ($0,2 \dots 2 \text{ мин}^{-1}$).

Использование пульсирующей подачи моторного масла под определённым давлением в цилиндры двигателя, приводит к пульсирующим ударным нагрузкам на сопряжения, что вызовет упрочнение поверхностей трения путём наклёта и исправления микро- и макрогеометрии поверхностей трения. В результате такого воздействия металл не удаляется с поверхности

трения, а остаётся на ней, так как вершины на поверхности трения, а не боковых, вызванных вращением одной детали относительно другой.

1. АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ СПОСОБОВ И СРЕДСТВ ОБКАТКИ АВТОТРАКТОРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Одним из основополагающих факторов, определяющих долговечность деталей и надежную работу двигателя внутреннего сгорания (ДВС), а, следовательно, и качество их ремонта является правильно выполненная приработка, которая, как завершающая технологическая операция процесса ремонта и изготовления ДВС, частично проводится на ремонтном предприятии, а завершается в условиях эксплуатации.

Обкатка тракторных ДВС осуществляется в несколько стадий. На первой стадии отремонтированные (или новые) ДВС проходят технологическую обкатку в стационарных условиях на заводах-изготовителях или ремонтных предприятиях. Продолжительность такой обкатки не превышает нескольких часов (1,5...3 ч), однако её роль, по мнению большинства исследователей, чрезвычайно важна, так как в её процессе происходит предварительная приработка сопряжений ДВС, обеспечивающая возможность подготовить поверхности трения деталей к восприятию эксплуатационных нагрузок, выявление и устранение отказов, возникающих из-за отклонений в качестве запасных частей, в технологии ремонта деталей, сборки сопряжений и узлов ДВС, оказывающих влияние на всю его последующую работу. Технологическая обкатка ДВС осуществляется при нагрузках и скоростях, составляющих 50...100% от номинальных значений, при этом ДВС или не достигают номинальной мощности, или работают при ней короткое время. Несоблюдение элементарных правил технологической обкатки ДВС, а также неправильное назначение режимов для данной конкретной модели ДВС могут способствовать резкому ухудшению приработки деталей, преждевременному износу, и, как следствие, снижению межремонтного ресурса ДВС.

На второй стадии производится начальная эксплуатационная обкатка ДВС в составе машин, на которых он установлен. Продолжительность начальной эксплуатационной обкатки ДВС составляет 30...60 мото-часов.

На третьей стадии проводится заключительная эксплуатационная обкатка, продолжительность которой достигает 400...600 мото-часов [5].

1.1 Анализ способов холодной обкатки двигателей

Холодная обкатка предназначена для начальной приработки сопряжений ДВС, проверки взаимодействия и функционирования деталей, выявления возможных дефектов. Данный этап осуществляется в течение определённого времени (1,5...3 часов) путём прокрутки коленчатого вала ДВС с определённой частотой вращения. Отличительной особенностью холодной обкатки является пониженная мощность обкаточных стендов, необходимая для прокрутки коленчатого вала ДВС, которая в 4...6 раз меньше тормозной мощности стенда, требуемой при проведении обкатки под нагрузкой, что обуславливает возможность снижения удельных капитальных затрат при ее реализации. В начальный период холодной обкатки в сопряжениях элементов ДВС действуют силы трения и высокие температуры, результатом которых могут являться задиры поверхностей. Избежать этого можно при использовании специальных покрытий, присадок к смазочным маслам, а также правильного выбора скоростных режимов холодной обкатки и их динамики. Приработка деталей является необратимым переходным процессом.

Как известно, отремонтированные ДВС при сборке, особенно в условиях обезличенного ремонта, комплектуются новыми и старыми деталями, имеющими геометрические отклонения сопрягаемых поверхностей в пределах допуска из-за погрешности измерительного инструмента, низкого качества имеющегося технологического оборудования и других факторов. Поверхности этих деталей могут иметь различные шероховатость, структуру, геометрию, макро- и микротвердость, что оказывает существенное влияние

на процесс приработки, износ и надежность работы трущейся пары в установившийся период.

При этом одним из факторов, определяющих повышенный первоначальный износ деталей ЦПГ и КШМ, являются несоосности и неперпендикулярности деталей КШМ, возникающие при неточной сборке нового или отремонтированного ДВС. Перекосы в КШМ существенно удлиняют время приработки, часто приводят к местным повышенным давлениям на поверхностях трения (даже в статическом состоянии), которые под влиянием незначительных динамических и тепловых нагрузок приводят к задиру поверхностей стенок цилиндров и поршней, шеек коленчатого вала и их подшипников, поршневых пальцев и втулок, а нередко и к заклиниванию механизма, особенно в начальный период обкатки. Даже из-за неравномерности затяжки заметно искажаются формы гильз цилиндров, поэтому возрастает время приработки и начальный износ сопряжений [9].

Существенное влияние на долговечность ДВС после ремонта оказывают не только качество технологической обработки трущихся поверхностей и неточности при сборке ДВС, но также внешние условия воздействия на трущиеся поверхности, к которым относятся: величина удельного давления, характер приложения нагрузки, скорость относительного перемещения трущихся поверхностей, характер изменения скорости во времени, температурный режим, способ подвода смазки, ее количество и качество удаления продуктов изнашивания. Эти факторы в процессе приработки могут находиться в самых разнообразных сочетаниях.

Износоустойчивость поверхностей трения повышается также при увеличении наклепанного слоя и при микронеровностях на поверхности, соответствующих данным условиям их работы. Отсюда вытекает понятие о приработке как процессе улучшения поверхности трения при взаимном первичном изнашивании. Условия приработки должны быть переменными: от наиболее облегченных на первых стадиях до нормальных эксплуатационных условий. При отступлении от оптимальных условий в

сторону облегчения срок приработки увеличивается, а при отступлении в сторону утяжеления происходит увеличение разрыженной, быстро изнашивающей зоны, что может привести к задирам на поверхностях трения и к более тяжелым авариям машины [2].

Назначение тех или иных режимов приработки ДВС направлено главным образом на сокращение ее продолжительности при обеспечении надлежащего качества приработки поверхностей трения.

Как известно, механические потери на трение при прокрутке отремонтированного или нового ДВС от электродвигателя стенда зависят в основном от трения в сопряжениях «гильза-поршневое кольцо» и «гильза-поршень», где происходят возвратно-поступательные движения деталей сопряжений, и составляют 70...95% от общих потерь в ДВС.

На процесс прирабатываемости сопряженных деталей существенное влияние оказывает ступенчатое или бесступенчатое изменение скоростных режимов, а также этапы ее проведения.

В начальный период приработки шейки вала ступенчатым способом наблюдается рост микротвердости поверхностного слоя на 35-40%, что способствует схватыванию поверхностей трения и увеличению продолжительности приработки, а при использовании бесступенчатого режима приработки вызывает рост микротвердости поверхностного слоя только на 15-20%, что позволяет сократить длительность обкатки.

В проблеме назначения скоростного режима холодной обкатки чрезвычайно важным аспектом является вопрос о выборе начальной частоты вращения при холодной обкатке, период которой является основополагающим в плане формирования поверхностей трения сопряжений.

Существующие типовые технологии характеризуются повышенным скоростным режимом (500...600 мин⁻¹), первой ступени холодной обкатки ДВС, составляющим 20...40 % от номинальной частоты вращения ДВС, назначаемым, как правило, исходя из возможностей серийных обкаточно-тормозных стендов. При этом, для снижения газовых нагрузок на сопряжения

на первых ступенях обкатки в ряде случаев применяют декомпрессирование цилиндров (холодная обкатка без компрессии) [8].

При рассмотрении процессов, происходящих в ДВС при его обкатке, можно отметить, что в случае обкатки с числом оборотов меньшими или превышающими требования по обеспечению качественной приработки, возможна плохая приработка деталей в одном случае из-за недостаточности смазки, а в другом – из-за перегрузки не подготовленных к работе поверхностей трения деталей при повышенном скоростном режиме. Кроме того, при высоких начальных частотах вращения возрастает работа сил трения в единицу времени, инерционная сила (пропорционально квадрату частоты вращения) и температура поверхностей, которая, несмотря на повышенную производительность насоса системы смазки, может достигнуть критических значений. С увеличением инерционной силы возрастают также силы, направленные против нее: демпфирующая (газовая), механических потерь и гидравлическая.

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, проведение холодной обкатки на повышенных скоростных режимах способствует более полному выявлению ряда неисправностей ДВС

(негерметичности камер сгорания, дисбаланса КШМ и др.), проявления которых при горячей обкатке может привести к более серьезным последствиям.

Известен также способ приработки ДВС, согласно которому коленчатый вал прокручивают, при этом, увеличивая частоту вращения по колебательному закону, причем после каждого полупериода колебаний частоты вращения коленчатого вала изменяют направление его вращения на противоположное [6].

Данный способ приработки имеет следующие недостатки, во-первых, приработка протекает с небольшой интенсивностью, так как в трибосопряжениях «коленчатый вал – вкладыш», «распределительный вал – втулка» она протекает при жидкостной смазке; во-вторых, холодная приработка начинается при сухом трении, что обуславливает наличие областей схватывания металлов из-за неправильности макро- и микрогеометрии, а также повышенный износ поверхностей трения в начальный период; в-третьих, обеспечение изменения направления вращения коленчатого вала значительно усложнит конструкцию обкаточного стенда, затруднит работу штатной смазочной системы (из-за изменения направления вращения шестерен масляного насоса) и увеличит время проведения приработки.

При большой скорости скольжения процесс улучшения качества трущихся поверхностей вкладышей, вала, колец и гильз требует более длительного времени в связи с наличием гидродинамической смазки. С уменьшением скорости скольжения качество поверхностей сопряженных деталей улучшается более интенсивно из-за появления граничного трения. Теоретические расчеты с учетом условий гидродинамической смазки показали, что режим устойчивого жидкостного трения устанавливается при скорости вращения вала $2,5-3 \text{ мин}^{-1}$ для сопряженной пары «шейка коленчатого вала – вкладыши подшипников», а для сопряжений «поршень и поршневые кольца – зеркало цилиндра» достаточно скорости вращения вала

10-50 мин⁻¹. Следовательно, в начальный период приработки сопряжения полностью обеспечиваются смазкой при принятых частотах вращения коленчатого вала. Это указывает на целесообразность проведения начала приработки на низких оборотах коленчатого вала дизельных ДВС. При этом обеспечивается более интенсивное улучшение качества поверхности прирабатываемых деталей, что значительно повышает их эксплуатационную надежность и долговечности.

При использовании серийных обкаточных стенов на базе электромашин с фазным ротором практическая реализация таких режимов приработки часто затруднительна в силу неустойчивости их работы на пониженных скоростных режимах и требует включения в их состав дополнительного оборудования, что усложняет их конструкцию и повышает стоимость.

Процессы трения и изнашивания деталей ДВС, как правило, связаны с физическим взаимодействием поверхностей, совершающих относительные движения. Поэтому для нормального протекания процессов, происходящих в период холодной обкатки, кроме обеспечения минимальных газовых и инерционных нагрузок, необходимо поддержание достаточного количества смазки, которая оказывает заметное влияние на начальный износ и время приработки, интенсифицируя формирование микрорельефа трущихся поверхностей, охлаждает их и удаляет продукты износа из зоны контакта. Очень важно, чтобы при обкатке смазка была обильной и проточной.

При осуществлении приработки с минимально допустимой толщиной масляного слоя, что часто имеет место в начальный период, взаимодействие между сопряженными поверхностями будет осуществляться с помощью пиков микрорельефа, выступающих за средний уровень шероховатости. В процессе нормальной приработки шероховатости первой и второй сопряженных поверхностей претерпевают изменения, причем эти изменения определяются величиной суммарного удельного давления на сопряжения, частотой вращения коленчатого вала и продолжительностью приработки.

При приработке ДВС также большое значение играет вязкость моторного масла. Маловязкие масла в достаточном количестве проникают в зазоры между поверхностями трения, поэтому хорошо охлаждают их и вымывают загрязнения из зоны трения, однако из-за их низкой несущей способности создаются предпосылки для возникновения задиров. С увеличением вязкости масел толщина масляной пленки становится больше и вероятность задиров уменьшается, но хуже отводятся тепло и загрязнения. Установлено, что рациональная вязкость приработочных масел – $6-8 \text{ мм}^2/\text{с}$.

Начальный период работы деталей ДВС в основном происходит в режиме граничного трения, однако некоторые из авторов реализуют холодную приработку путем обеспечения приработки трибосопряжений ДВС в следующих условиях: начало при жидкостной смазке и окончание при граничной смазке. При этом в начальный момент холодной приработки из зон трения хорошо вымываются абразивные частицы от механической обработки и от приработки, что способствует уменьшению износа ДВС, а изменение условий холодной приработки зависит от степени приработанности трибосопряжений ДВС.

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

Первым этапом горячей обкатки ДВС является обкатка на холостом ходу, при проведении которой осуществляется проверка работы всех механизмов и систем ДВС, а также выявляются и устраняются дефекты сборочных и регулировочных операций. В процессе обкатки ДВС на холостом ходу осуществляется постепенное плавное или ступенчатое увеличение частоты вращения до величины соответствующей максимальной частоте холостого хода.

Одним из основных направлений в совершенствовании режимов проведения этапа горячей обкатки ДВС на холостом ходу является сокращение продолжительности данного этапа, при обеспечении должного качества приработки, что позволит осуществить экономию топливно-смазочных материалов и снизить загрязнения окружающей среды отработавшими газами.

Одной из основных функций горячей обкатки на холостом ходу является прогрев ДВС перед началом этапа горячей обкатки под нагрузкой, с целью ускорения которого, а, следовательно, и сокращения продолжительности данного этапа, авторы работ, посвященных данной проблеме с использованием стендового оборудования при работе ДВС на холостом ходу, осуществляют частичную рециркуляцию газа из выпускного коллектора во впускной, проводят обкатку по температурным показателям моторного масла, и при достижении температуры масла 60 °С переводят ДВС в режим работы под нагрузкой.

Этап горячей обкатки на холостом ходу проводят по трем (по рекомендациям ГОСНИТИ) и более ступеням, в зависимости от модели ДВС, продолжительность каждой ступени составляет 5...20 мин. При этом первая ступень обкатки, как правило, начинается при частоте вращения коленчатого вала, равной 45...89% от номинальной, и затем через определенные интервалы последовательным переводом на следующие ступени доводят частоту вращения до номинальной, а иногда и превышающей ее – 111%, т.е. до максимальной частоты вращения холостого хода.

При этом обкатка на холостом ходу является необходимым этапом технологической обкатки и при правильном проведении позволяет оценить качество изготовления, сборки, регулировки ДВС и холодной обкатки, а также прогреть ДВС перед обкаткой под нагрузкой.

Основным этапом технологической обкатки является этап горячей обкатки под нагрузкой. В результате данного этапа получают показатели приработки сопряжений, которые обеспечивают восприятие ограниченных

эксплуатационных нагрузок и возможность кратковременного испытания ДВС на полную мощность. Процесс приработки на данном этапе обкатки осуществляется в течение определённого времени путём обкатки ДВС на максимальном скоростном режиме при ступенчатом (нагрузка в пределах ступени остаётся неизменной и увеличивается при переходе на следующую ступень) или плавном бесступенчатом росте нагрузок (по мере приработки сопряжений) на прирабатываемые сопряжения. Наиболее используемыми в настоящее время являются ступенчатые режимы с числом ступеней не более десяти.

Однако описанные способы имеют следующие недостатки: недостаточная эффективность приработки, что обуславливает увеличение начального прирабочного износа, а также нестабильность нагрузочно-скоростных режимов, требуется точное соблюдение режимов приработки, при проведении приработки с изменением нагрузки по колебательному закону существует вероятность возникновения резонансных явлений, для реализации данных способов требуется сложное оборудование.

Горячую обкатку ДВС могут проводить на водотопливной эмульсии, что способствует снижению расхода топлива и масла, снижения дымности и токсичности отработавших газов, а также позволяет снизить температуру рабочего цикла и температуру гильзы в области первого поршневого кольца.

Повышение качества приработки добиваются за счёт введения адаптивного управления режимами обкатки, в качестве параметров принимают температуру, крутящий момент, обороты коленчатого вала, давление в масляной магистрали, а также параметры концентрации углеводородов и монооксида углерода. Однако осуществление данного способа требует сложного и дорогостоящего оборудования и высокой квалификации мастеров для настройки и контроля режимов приработки.

В процессе проведения этапа горячей обкатки ДВС значительную роль в обеспечении качества приработки играет смазка, назначение которой при горячей обкатке состоит в том, чтобы снижать интенсивность износа с

одновременным модифицированием физико-механических свойств трущихся слоев деталей. Кроме того, при горячей обкатке ДВС как на холостом ходу, так и под нагрузкой в зоне трения «поршневое кольцо – гильза» возникают высокие температуры, так как происходит нагрев от сгорания топлива, при этом температура в зоне трения верхнего поршневого кольца может составлять 533-573 К. Поэтому необходимым условием проведения горячей обкатки является наличие устойчивого смазочного слоя, разделяющего трущиеся поверхности, при этом для обеспечения устойчивого жидкостного трения необходимо, чтобы минимальный зазор между сопрягаемыми поверхностями был не меньше некоторой величины, при которой масляный слой будет обеспечен от разрыва вблизи места наибольшего сближения поверхностей, а трение жидкостное перейдет в трение полужидкостное. Снижение толщины масляной пленки ведет к повышению вероятности контактирования микровыступов поверхностей трения. Хотя имеются мнения, что приработку под нагрузкой проводят в режиме граничного трения.

Одной из причин необходимости сокращения продолжительности горячей обкатки является снижение выбросов вредных веществ в атмосферу. Основопологающим элементом систем снижения вредных выбросов при технологической обкатке должны стать малотоксичные режимы обкатки. Разработанные малотоксичные режимы обкатки предполагают длительную работу дизеля на режиме малой нагрузки (основной обкаточный режим), где, как показывает проведенный анализ, весьма эффективно могут быть использованы такие способы снижения вредных выбросов, как дросселирование впуска и рециркуляция отработавших газов, отключаемые при дальнейшем повышении нагрузки [9].

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 топливodosирующего органа, с помощью дросселирования и рециркуляции газов. На авторемонтных предприятиях в основном обкатку и испытание ДВС проводят на электрических стендах.

Для проведения обкатки ДВС на моторных заводах и РТП АПК наиболее широкое распространение в ремонтной практике получили универсальные обкаточно-тормозные стенды КИ-5541М, 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. Характерной особенностью этих стендов является использование свойства обратимости электромашин, то есть при проведении холодной обкатки они работают в моторном режиме, а при горячей – в режиме тормоза (генератора), при этом применяют асинхронные ДВС с синхронной частотой вращения ротора от 300 до 1500 мин⁻¹.

Недостатками таких стендов является необходимость равенства тормозной мощности, развиваемой электромашиной, мощности ДВС для обеспечения его полной загрузки в конце обкатки и определения фактической эффективной мощности.

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.

В практике также нашла широкое применение комбинированная тормозная обкатка на спаренных стендах, которая сводится к следующему: один из обкатываемых ДВС должен быть подготовлен к горячей обкатке под нагрузкой, и он является ведущим для холодной обкатки второго ДВС, установленного на спаренном стенде. При этом обеспечивается создание оптимального теплового режима одновременно для тормозной обкатки обоих ДВС и повышения производительности стенда при проведении одновременно холодной и горячей обкаток.

С целью расширения функциональных возможностей, за счет увеличения диапазона изменения скорости вращения вала ДВС при сохранении установленной мощности электрических машин, а также снижения вероятности задигов и пусковых токов, в конструкции стендов для тормозной обкатки ДВС дополнительно включают управляемые муфты и торсионы, соединяющие валы регулирующей машины и дифференциальной передачи. Кроме того, для ускорения приработки производят пульсирующее изменение нагрузки на реостате путем изменения сопротивления, что позволяет на 25-30% сократить продолжительность приработки [5].

Существуют также тормозные стенды, на которых осуществляют холодную приработку ДВС путем подачи воздуха под давлением в цилиндры ДВС, что позволяет создавать дополнительные нагрузки в цилиндрах и приработать те участки трущихся поверхностей ДВС, которые необходимо подготовить к восприятию эксплуатационных нагрузок.

Используемые для обкатки тормозные стенды занимают большие производственные площади специальных участков, имеют мощность, сравнимую с мощностью обкатываемых ДВС, требуют наличия большого количества вспомогательного оборудования и мощного электросилового хозяйства. При проведении горячей обкатки под нагрузкой тормозные

стенды являются также источниками недопустимого шума (до 130dB) и вибраций.

Использование универсальных обкаточно-тормозных стендов, обладающих рядом существенных недостатков, обуславливает необходимость замены их альтернативными методами, одним из которых является метод бестормозной обкатки ДВС с динамическим нагружением.

При реализации способа обкатки ДВС с динамическим нагружением средняя величина динамического нагрузочного момента изменяется путем воздействия различного рода исполнительных механизмов и устройств на рычаг топливodosирующего органа ДВС, который фиксируется при работе на стенде, дроссельные заслонки систем впуска и выпуска газов, отключение цилиндров и др.

При всех описанных достоинствах бестормозной обкатки с динамическим нагружением ее продолжительность несколько выше продолжительности стендовой тормозной обкатки, что связано в основном с пониженной средней за цикл динамического нагружения угловой скорости коленчатого вала, а также пониженной эффективностью такта выбега с точки зрения приработки вследствие малых нагрузок на сопряжения и его повышенной продолжительностью.

Для торможения ДВС при обкатке на тормозных стендах используют механические, гидравлические или электрические тормоза.

В отечественной и зарубежной практике широко применяются три вида электрических тормозных устройств: машины постоянного тока с преобразователем Леонардо; асинхронные балансирующие трехфазные машины переменного тока; индукторные тормоза, использующие принцип вихревых токов с отводом тепла в воду.

Индукторные тормозные устройства хорошо зарекомендовали себя при испытании высокооборотных ДВС. Они обладают высокими нагрузочно-скоростными и динамическими характеристиками, хорошо приспособлены к автоматизации, но имеют ряд серьезных недостатков: работают только в

режиме нагружения (не позволяет осуществлять пуски двигателя и «холодную» обкатку), требуют замкнутую автономную систему водяного охлаждения для отвода тепла с жесткими условиями, предъявляемыми к охлаждающей жидкости, характеризуются высокой стоимостью.

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

Тормозной момент в гидротормозе создается в результате действия возникающих в нем сил гидравлического сопротивления и трения на колесо ротора при его вращении. В зависимости от конструкции проточной части гидравлические тормоза подразделяются на следующие основные типы: а) дисковые, б) штыревые, в) лопастные, г) комбинированные тормоза.

Однако гидравлические обкаточно-тормозные стенды имеют ряд недостатков, такие как необходимость подвода к ним воды для торможения, сложность конструкции, высокая металлоемкость и стоимость и то, что они не могут создавать большой тормозной момент при малых частотах вращения.

Механические тормоза, вследствие присущих им значительных недостатков, применяются сравнительно редко и только для испытания маломощных ДВС.

Стендовые установки для обкатки ДВС обычно оборудуются индивидуальными системами смазки и подачи топлива для каждого стенда, но с централизованным подводом масла и топлива от общего хранилища, и оборудованы циркуляционной кольцевой или проточной (конструкция ВНИПТИМЭСХ) системой. При применении масла с присадками или обкаток, связанных с применением присадок к маслу, предусматривается оборудование для введения присадок. Охлаждение ДВС производится пресной или дистиллированной водой, по замкнутой системе циркуляции, что позволяет избежать натиров и задиров зеркала цилиндров, шеек коленчатого вала, поршневых колец и вкладышей в результате выделения теплоты в зоне трущихся поверхностей [5].

При отсутствии обкаточных стандов на предприятиях АПК различных форм собственности часто осуществляют холодную обкатку отремонтированных ДВС путем прокрутки от ведущих колес машин во время их буксировки. Изменяя скорость буксировки и номер передачи на КПП буксируемой машины поддерживают необходимые скоростные режимы. Возможна также холодная обкатка путем прокрутки вала ДВС через вал отбора мощности трактора, который карданным валом соединяется с валом отбора мощности технологического трактора.

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.

Повышение качества приработки ДВС, с одновременным сокращением ее продолжительности, обеспечивает значительный народнохозяйственный эффект вследствие увеличения ресурса и надежности их работы, поэтому постоянно ведутся научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы в этом направлении.

Все мероприятия по интенсификации приработки деталей можно классифицировать на:

- конструктивные, связанные с выбором материалов и покрытий, изменением геометрии поверхностей,
- технологические, состоящие из финишной обработки деталей и нанесения прирабочных покрытий,
- эксплуатационные, заключающиеся в выборе этапов и режимов обкатки, а также в применении присадок и прирабочных масел.

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 (микроеометрия 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).

Из анализа большого перечня разнообразных методов, очевидна сложность и нерешенность проблемы достоверности и оперативности оценки качества обкатки ДВС, так как эти методы связаны с высокой стоимостью оборудования и большими затратами времени [3].

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.

Именно процессы, протекающие в поверхностном слое деталей (концентрация напряжений, развитие микротрещин, выгорание легирующих элементов, разупрочнение, изнашивание, окисление, перераспределение остаточных напряжений и т.д.), как правило, являются причиной поломки деталей при эксплуатации ДВС.

В процессе начальной приработки механизм образования поверхностного слоя детали обусловлен влиянием упруго-пластической деформации и местного нагрева, возникающих в зоне фактического контакта трущихся деталей в момент первоначальной раскрутки ДВС.

Поверхности трения в процессе приработки упрочняются, а новые свойства поверхностного слоя, приобретенные в процессе приработки, оказывают существенное влияние на последующую износостойкость деталей.

Поэтому для обеспечения качественной приработки является важным создание оптимального поверхностного слоя детали в процессе изготовления или ремонта, а также условий приработки, позволяющих подготовить поверхностный слой к эксплуатационным нагрузкам [2].

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.

В машиностроении широко применяется метод поверхностно пластического деформирования (ППД), который является разновидностью способа механического упрочнения. Обработка конструкционных материалов ППД основана на использовании их пластических свойств, т.е. способности сохранять под влиянием внешних сил остаточные деформации. Эти деформации начинаются на вершинах микрогребешков и по мере их сглаживания распространяются на нижележащие слои. Пластическая деформация распространяется по определенным кристаллическим плоскостям.

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 выравнивание, ультразвуковая, центробежно-ударная обработка и т. д. [2].

В процессе приработки деталей ДВС, в зависимости от режимов трения, особенно от величины амплитуды и нагрузки, а также частично и от пути (времени) трения изменяются остаточные напряжения. Они численно меньше при больших нагрузках и малых амплитудах и растут с увеличением амплитуды и снижением нагрузки. На различные материалы колебания действуют неодинаково. Под действием их в поверхностном слое активно протекает образование метастабильных структур и пластические деформации. Для того, чтобы в упруго деформированном поликристаллическом материале, каким является сталь, появилась пластическая деформация, необходимо приложить к нему такие внешние нагрузки, которые вызовут пластическую деформацию хотя бы в одном из кристаллов. Однако образование пластических деформаций в одном из множества зерен не будет оказывать заметного влияния. Чтобы получить ощутимый эффект, должны быть такие внешние силы, при которых число пластически деформированных зерен достаточно велико.

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

Приработка – 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 взаимодействующих 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.

В процессе стендовой приработки микротвердость поверхностного слоя гильз увеличивается в сравнении с исходной на 30-35%, в последующие периоды приработки микротвердость гильз понижается, а верхнего компрессионного и маслосъемных колец в период приработки возрастает на 7-20%, а вкладышей подшипников уменьшается.

На качество поверхности трения во время обкатки также оказывает существенное влияние сочетание правильного подбора смазки и режима приработки. Слишком гладкая поверхность не всегда удовлетворяет условиям приработки. Изменение микрогеометрии до предельных уровней, ухудшающих адсорбционную маслоудерживающую способность, или интенсификация необратимых процессов, протекающих в поверхностных слоях, может вызвать ускорение изнашивания. Это влечет за собой увеличение шероховатости, которая в подавляющем большинстве случаев, достигнув оптимальных параметров, обеспечивает необходимую маслоудерживающую способность, трибологические характеристики и стабилизацию изнашивания деталей ЦПГ. Однако при возникновении критических условий работы трущегося узла, вызванных чрезмерным возрастанием деформационной и термической активации поверхностей трения деталей, потерей несущей способности разделяющих масляных пленок и защитных вторичных структур, нарушением режима граничного трения и переходом монотонного микросхватывания к металлическому когезионному взаимодействию на макроучастках поверхностей деталей, увеличением нормальной силы давления поршня на зеркало цилиндра во время перекладки поверхности с малой шероховатостью становятся более чувствительными к повреждению задирами. В начальный период приработки деталей ЦПГ задир наступает обычно по причине макро- и микрогеометрических погрешностей сопряженных поверхностей.

Кратковременной заводской обкаткой достигается лишь незначительное приближение микрогеометрии деталей к ее оптимальным с точки зрения эксплуатации значениям [3].

Поэтому большее внимание необходимо уделять методам приработки, способствующим увеличению площади действительного контакта до величин, обеспечивающих нормализацию удельного давления и минимальный темп разрушения поверхностей. Это достигается повышением точности изготовления и сборки деталей, выбором шероховатости поверхностей и зазоров, режимов технологической обкатки.

2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1 Технология обкатки дизелей со статико-динамическим нагружением

Технологическая обкатка включает в себя: холодную обкатку со статико-динамическим нагружением, холодную обкатку, горячую обкатку на холостом ходу и горячую обкатку под нагрузкой.

Обкатку проводят на летнем дизельном топливе (ГОСТ 305-82) и на моторном масле М-10-Г₂.

При проведении обкатки необходимо выполнить следующие операции:

1. Установка двигателя на стенд.

Установку двигателя внутреннего сгорания на обкаточный стенд осуществляют с помощью кран-балки. Двигатель внутреннего сгорания закрепляется на опоры с помощью болтов. Необходимо надежно закрепить и проверить крепление. Предварительно установить опоры, путем передвижения по станине, в положения соответствующие габаритам двигателя.

2. Подготовка двигателя к обкатке.

Производят отключение газораспределительного механизма путем отключения привода клапанов.

3. Установка механизма поворота.

Производят установку поршня первого цилиндра двигателя в верхнюю мертвую точку. Устанавливают червячный редуктор на раму и закрепляют его. Домкратом поднимают раму червячного редуктора до момента совпадения отверстий на телескопических стойках рамы, производят фиксацию установкой шпилек в отверстия стоек. Устанавливают на выходной вал мотор-редуктора упругий элемент (эластичную муфту) для передачи крутящего момента от мотор-редуктора к коленчатому валу двигателя непосредственно через маховик.

4. Установка системы нагружения.

Снимают форсунку первого цилиндра, устанавливают вместо нее штуцер внешнего источника повышенного давления масла. Снимают пробку сливного отверстия из поддона картера двигателя и соединяют с всасывающим трубопроводом насос-мотора отверстие слива картера двигателя.

Регулируют переливной клапан системы низкого давления на давление, соответствующее давлению масла в главной масляной магистрали.

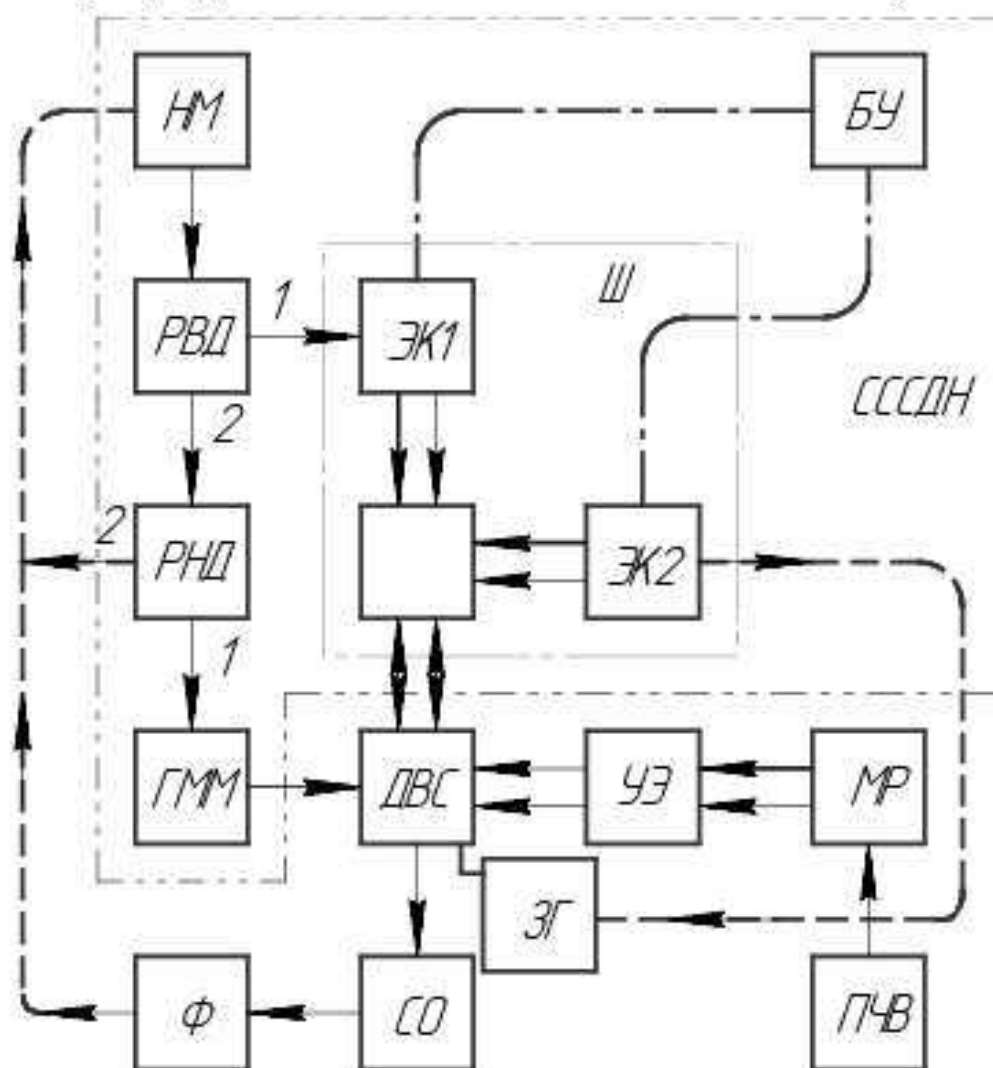


Рисунок 2.1 – Схема устройства для приработки двигателя внутреннего сгорания.

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

Регулируют нагнетательный электромагнитный клапан системы повышенной нагрузки на давление соответствующее максимальному давлению рабочего цикла двигателя, при его работе на номинальной мощности

Производят соединение выходного канала переливного клапана системы низкого давления с входом главной масляной магистрали и с входом плунжерного насоса.

5. Прокачка системы нагружения.

Прокачка проводится с целью удаления воздуха. Для этого заливается масло (рабочее тело в необходимом объеме в поддон картера двигателя). Включается насос-мотор и рабочее тело поступает через сливное отверстие поддона картера, фильтр к регулятору высокого давления, к штуцеру, причем при прокачке сбросной электромагнитный клапан постоянно открыт. О завершении прокачки будет свидетельствовать однородной масляной структуры, видимой через прозрачную вставку, находящуюся в трубопроводе после сбросного электромагнитного клапана.

6. Настройка оборудования системы нагружения перед началом обкатки.

Устанавливают преобразователем частоты вращения требуемую частоту вращения выходного вала мотор-редуктора (с учетом передаточного отношения мотор-редуктора). С помощью блока управления устанавливается время выдержки электромагнитных клапанов штуцера в закрытом состоянии(амплитуда пульсаций для данного вида двигателей).

7. Проведение холодной обкатки со статико-динамическим нагружением Включают питание электродвигателя мотор-редуктора. При

этом вращение будет передаваться через мотор-редуктор и эластичную муфту на маховик двигателя. Одновременно с этим будет осуществляться пульсирующее нагружение ЦПГ и КШМ с заданными значениями нагрузки.

Таким образом при включении насос-мотора рабочее тело подается к регулятору высокого давления, который распределяет масло к штуцеру (к нагнетательному клапану) и к регулятору низкого давления. При открытии электромагнитного клапана масло подается в надпоршневую полость цилиндра под давлением, соответствующим давлению такта сжатия. После подачи масла в цилиндр электромагнитный клапан закрывается и выдерживается в таком положении некоторый промежуток времени, при закрытом сбросном клапане. После этого сбросной электромагнитный клапан открывается, давление в надпоршневом пространстве падает и масло поступает на вход насос-мотора.

8. Проведение холодной обкатки последующих цилиндров двигателя.

Снимают штуцер внешнего источника рабочего тела первого цилиндра и устанавливают его в последующие цилиндры поочередно. Обкатку проводят аналогично.

9. Демонтаж системы нагружения и механизма поворота коленчатого вала двигателя.

Снимают систему повышенного давления масла и систему подачи масла низкого давления, отсоединяют трубопроводы (всасывающий и нагнетательный). Отсоединяют упругий элемент (эластичную муфту) от маховика двигателя. Отсоединяют крестовину эластичной муфты от маховика двигателя. Домкратом опускают раму мотор-редуктора, предварительно вынув фиксаторы из стоек рамы.

10. Демонтаж двигателя с рамы стенда.

Двигатель с рамы стенда необходимо демонтировать при помощи кран-балки, предварительно отвернув болты крепления подушек двигателя к стойкам рамы стенда.

2.2 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].

2.3 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_z складывается из сопротивления растеканию тока отдельных электродов заземлителя и сопротивления заземляющих проводников.

Определяем сопротивление растеканию тока одиночного заземлителя [18]:

$$R_{\text{эф}} = 0,366 \frac{\rho_{\text{расч}}}{l} \cdot \left(\lg \frac{2 \cdot l_c}{d_c} + \frac{1}{2} \cdot \lg \frac{4 \cdot h + l_c}{4 \cdot h - l_c} \right), \quad (2.1)$$

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

$$\rho_{\text{расч}} = \rho_{\text{табл}} \cdot K_{\text{п}}, \quad (2.2)$$

где $\rho_{\text{табл}}$ – табличное значение удельного сопротивления грунта, Ом·м, $K_{\text{п}}$ – повышающий коэффициент.

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

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

Определяем количество стержней заземления [18]:

$$n = \frac{R_{\text{ос}}}{R_{\text{дон}} \cdot \eta}, \quad (2.3)$$

где $R_{\text{дон}}$ – 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]:

$$R_{\text{з}}' = \frac{R_{\text{ос}}}{n \cdot \eta} = \frac{7,2}{2 \cdot 0,91} = 3,94 \text{ Ом} \quad (2.4)$$

Находим длину соединительной полосы в ряд [18]:

$$l_{сп} = 1,05 \cdot (n-1) \cdot a, \quad (2.5)$$

где a – расстояние между одиночными заземлителями, м,

$$l_{сп} = 1,05 \cdot (2-1) \cdot 3 = 3.15 \text{ м}$$

Определяем сопротивление соединительной полосы [18]:

$$R_{пол} = \frac{\rho_{расч}}{2 \cdot \pi \cdot l_{сп}} \cdot \lg \frac{2 \cdot l_{сп}^2}{b_n \cdot h}, \quad (2.6)$$

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]:

$$R'_{пол} = \frac{R_{пол}}{\eta_n}, \quad (2.7)$$

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.

$$R_3 = \frac{R'_3 \cdot R'_{пол}}{R'_3 + R'_{пол}} = \frac{3.94 \cdot 5.6}{3.94 + 5.6} = 2.3 \text{ Ом} \quad (8)$$

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

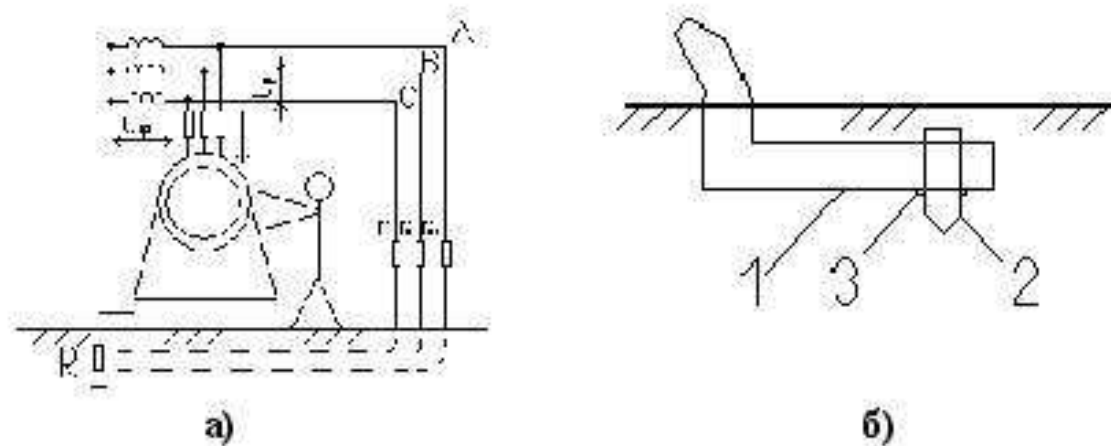


Рисунок 2.2 – Принципиальная схема защитного заземления.

а – трехфазной сети, б – однофазной сети

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 действием ударных нагрузок возникают силы, деформирующие выступы

					ВКР ССД 00.00.00 ПЗ			
Изм.	Лист	№ док-м.	Подпись	Дат.	Пояснительная записка	Лит.	Лист	Листов
Разраб.	Хрипачев ИИ							
Проф.	Глязирь ИИ						1	28
Н. контр.	Глязирь ИИ					Казанский ГАУ, каф. ТБ		
Умб.	Глязирь ИИ							

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 (НШМ-12-25-10/10), при помощи которого рабочее тело (дизельное масло

					ВКР СОД 00.00.00 ПЗ	Лист 2
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

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

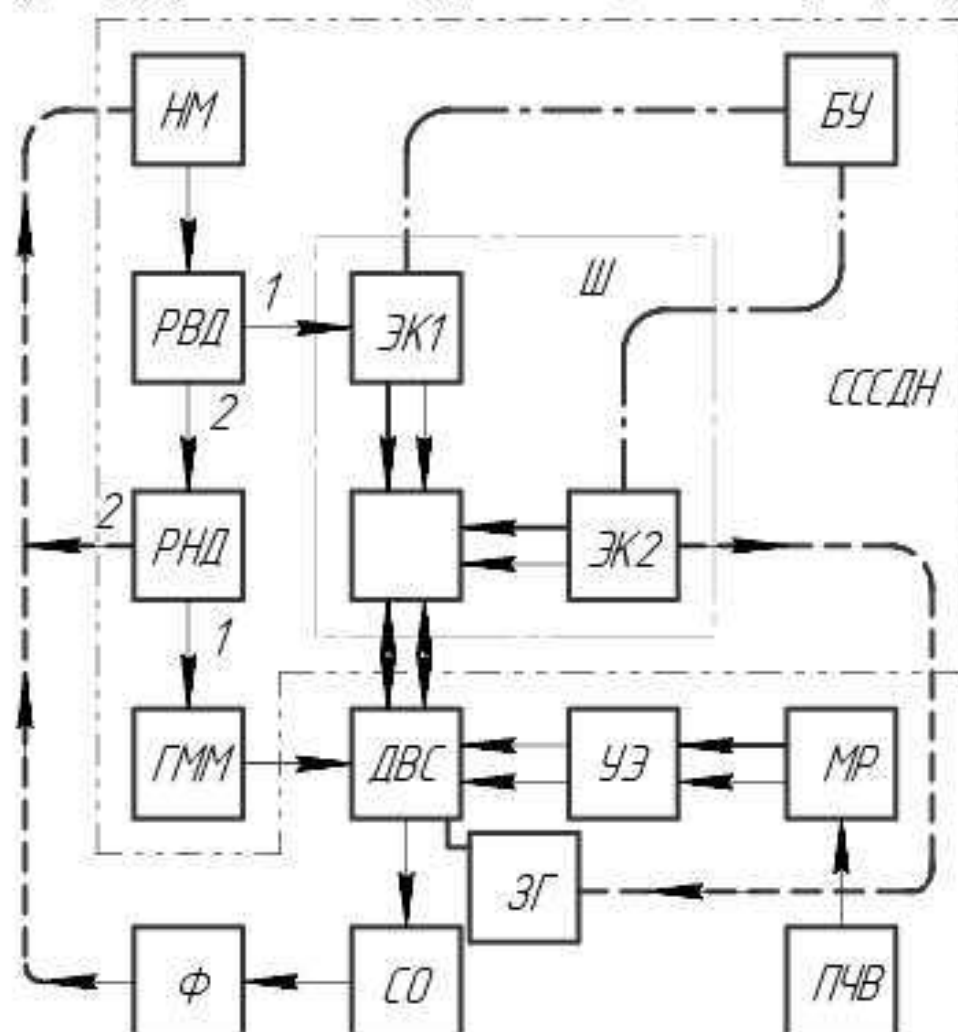


Рисунок 3.1 – Схема устройства для приработки двигателя внутреннего сгорания.

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.

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 холостой 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.

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 СОД 00.00.00 ПЗ	Лист
						4
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 (приработочный) 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 $75-80\text{ }^{\circ}\text{C}$. Давление определяют компрессометром. Состояние подшипников характеризуется, прежде всего, величиной давления масла.

3.2 Выбор электродвигателя для привода коленчатого вала ДВС

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

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

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

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

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

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

$$n_s = 0,56 \text{ мин}^{-1},$$

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

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

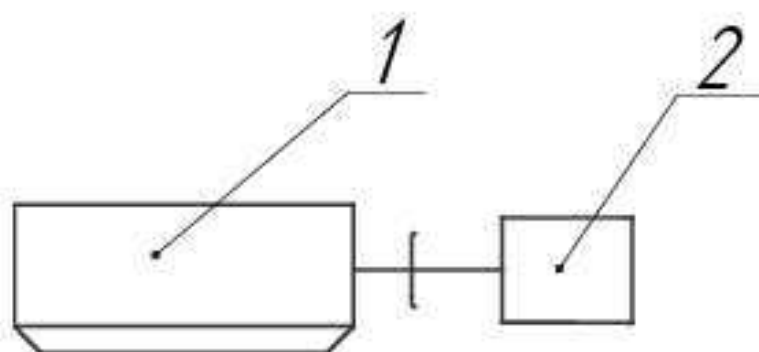


Рисунок 3.2 – Кинематическая схема механизма привода коленчатого вала ДВС.

1 – червячный редуктор, 2 – двигатель

Частота вращения вала мотор - редуктора n_M , мин^{-1} [12]:

$$n_M = n_s \cdot i, \quad (3.3)$$

					ВКР СОД 00.00.00 ПЗ	Лист
						6
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		

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

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

Вращающие моменты на валу мотор-редуктора, Н·м [12]:

$$T_m = \frac{T_k}{u \cdot \eta_{ч.р.} \cdot \eta_{п.м.}}, \quad (3.4)$$

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

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

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

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

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

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 $n_k = 45 \text{ мин}^{-1}$ [13].

3.3 Расчет резьбы стойки станда

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

					ВКР СОД 00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		7

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 стенда предусмотрены четыре стойки под двигатель, то нагрузка на одну стойку будет составлять $F=2,05\text{кН}$.

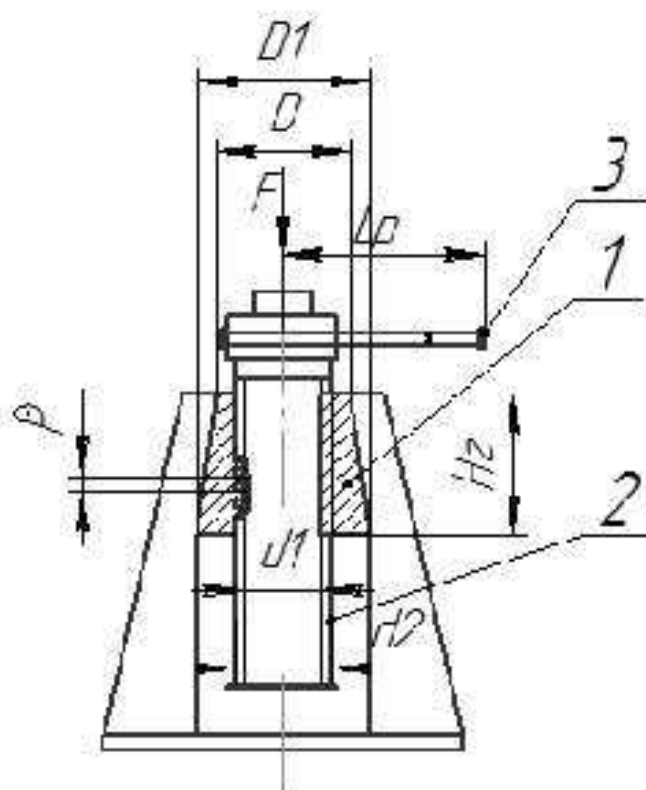


Рисунок 3.3 – Расчетная схема стойки: 1 – гайка, 2 – винт, 3 – рукоятка

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

$$d_2 = \sqrt{2F / (\pi k [q])} \quad (3.6)$$

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

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Геометрические размеры

Высота профиля резьбы[15]:

$$h=0,1 d_2, \quad (3.7)$$

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

Наружный диаметр резьбы[15]:

$$d=d_2+h, \quad (3.8)$$

$$d=d_2+h=17+1,7=18,7 \text{ мм}$$

Внутренний диаметр резьбы[15]:

$$d_1=d_2-h, \quad (3.9)$$

$$d_1=d_2-h=17-1,7=15,3 \text{ мм}$$

Шаг резьбы [15]:

$$P=2h, \quad (3.10)$$

$$P=2h=2 \cdot 1,7 = 3,4 \text{ мм}$$

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

$$P_h=nP, \quad (3.11)$$

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

					ВКР СОД 00.00.00 ПЗ	Лист
						9
Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата		

Угол подъема резьбы [15]:

$$\operatorname{tg} \varphi = P_h / (\pi d_2), \quad (3.12)$$

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

следовательно, угол подъема 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 $\psi = 5^{\circ}50'$. 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].

$$T = 0,5 d_2 F \operatorname{tg}(\psi + \varphi), \quad (3.13)$$

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

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]:

$$\sigma_{\text{экв}} = \sqrt{\left[4F / (\pi d_1^3) \right]^2 + 4 \left[T / (0,2 d_1^3) \right]^2}, \quad (3.14)$$

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

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

$$[\sigma_{\text{экв}}] < [\sigma_c],$$

т.е. прочность винта выше требуемой.

					ВКР СОД 00.00.00 ПЗ	Лист
						10
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		

Коэффициент приведения длины винта $\mu = 2$, так как винт можно считать стойкой с нижним закреплённым концом. Приведённый момент инерции площади сечения винта [15]:

$$I = (\pi d_1^4 / 64)(0,4 + 0,6d / d_1)$$

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

Радиус инерции площади сечения винта [15]:

$$i = \sqrt{I / A_1}, \quad (3.15)$$

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

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]:

					ВКР СОД 00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

$$D = \sqrt{4Fl(\pi[\sigma_p])} + d^2, \quad (3.16)$$

$$D = \sqrt{4 \cdot 2,05 \cdot 10^3 / (\pi \cdot 31,4 \cdot 40)} + 17^2 = 8,4 \text{ мм}$$

Наружный диаметр фланца гайки [15]:

$$D_1 = \sqrt{4Fl(\pi[\sigma_{cm}])} + D^2 = \sqrt{4 \cdot 2,05 \cdot 10^3 / (\pi \cdot 31,4 \cdot 40)} + 8,4^2 = 12,3 \text{ мм}$$

Толщина фланца [15]:

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

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]:

$$d = 1,13 \sqrt{\frac{Q_H}{V}} \quad (3.17)$$

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:

					ВКР СОД 00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		12

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

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

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

В соответствии с ГОСТ 16516-80 выбираем стандартные диаметры трубопроводов [20]. Внутренний диаметр: $d_k=10$ мм, $d_c=12$ мм, $d_z=16$ мм.

Наружный диаметр трубопровода: $d_k=22$ мм, $d_c=25$ мм, $d_z=29$ мм.

Тогда действительные скорости потока жидкости [20]:

$$V = 1,13^2 \frac{Q_H}{d^2}; \quad (3.18)$$

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

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

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]:

$$P_B = P_0 + \rho \cdot g \cdot h - \frac{\rho \cdot V^2}{2} - \left(1 + \xi \cdot b + \frac{\lambda \cdot l}{d}\right), \text{Па} \quad (3.19)$$

где $P_0=101,325$ кПа – атмосферное давление, $\rho=890$ кг/м³ – плотность жидкости, $g=9,81$ м/с² – ускорение свободного падения, $h=0,14$ м – высота всасывания, $V=V_{\text{ж}}=0,95$ 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]:

$$Re = \frac{V \cdot d}{\nu}, \quad (3.20)$$

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

Тогда

$$Re = \frac{V \cdot d}{\nu} = \frac{0,95 \cdot 0,016}{50 \cdot 10^{-6}} = 304$$

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

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

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

Давление во всасывающем трубопроводе:

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

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

3.4.3 Расчет потерь давления в напорной и сливной гидротинах

					ВКР СОД 00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

Общие путевые потери определяются по формуле [20]:

$$\sum \Delta P_n = \Delta P_{\text{нп}} + \Delta P_{\text{нс}}; \quad (3.21)$$

где $\Delta P_{\text{нп}}$, $\Delta P_{\text{нс}}$ – путевые потери в напорной и сливной гидролиниях находим по формуле [20]:

$$\Delta P_{\text{нп}} = \lambda_n \cdot \rho \frac{l_n \cdot V_n^2}{d_n \cdot 2}; \quad (3.22)$$

$$\Delta P_{\text{нс}} = \lambda_c \cdot \rho \frac{l_c \cdot V_c^2}{d_c \cdot 2}; \quad (3.23)$$

Из предыдущих расчетов определяем Re :

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

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

Тогда коэффициент трения жидкости о стенки:

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

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

Общие путевые потери:

$$\sum \Delta P_n = \Delta P_{\text{нп}} + \Delta P_{\text{нс}} = 0,154 \cdot 890 \cdot \frac{1,6 \cdot 2,43^2}{2 \cdot 0,01} + 0,185 \cdot 890 \cdot \frac{1,28 \cdot 1,69^2}{2 \cdot 0,012} = 89925 \text{ Па} \approx 899 \text{ кПа}$$

Местные потери давления находим из выражения [20]:

$$\sum \Delta P_m = \Delta P_{\text{мн}} + \Delta P_{\text{мс}} = \xi_n \cdot b_n \cdot \rho \cdot \frac{V_n^2}{2} + \xi_c \cdot b_c \cdot \rho \cdot \frac{V_c^2}{2}; \quad (3.24)$$

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

$\xi_n=7$ – коэффициент местных сопротивлений в напорной гидролинии,

					ВКР СОД 00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

$\xi_c=5,8$ – коэффициент местных сопротивлений в сливной гидролинии;
 $b_m=1,8$; $b_c=1,9$.

Общие местные потери [20]:

$$\sum \Delta P_{MH} = \Delta P_{MH} + \Delta P_{MC} a \quad (3.25)$$

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

Общие потери давления в гидросистеме [20]:

$$\sum \Delta P_M = \sum \Delta P_H + \sum \Delta P_M = 89,9 + 47,2 = 137 \text{ кПа}$$

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

3.5 Разработка инструкции по охране труда при работе со стендом для холодной обкатки со статико-динамическим нагружением

«СОГЛАСОВАНО»

Председатель профкома

_____ / _____ /

« _____ » _____ 2018г

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор

_____ / _____ /

« _____ » _____ 2018г

Инструкция по охране труда при работе со стендом для холодной обкатки со статико-динамическим нагружением

Общие положения

1. Стенд должен эксплуатироваться в соответствии с требованиями правил техники безопасности и санитарии.

					ВКР СОД 00.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата		16

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 1,1 м.

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.

Требования безопасности 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.

					ВКР СОД 00.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата		17

Требования безопасности во время работы

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.

Требования безопасности после окончания работ

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 безопасности при аварийной ситуации

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.

					ВКР С О Д 00.00.00 ПЗ	Лист
						18
Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата		

3.6 Физическая культура на производстве

Физическая культура на производстве – важный фактор ускорения производительности труда.

С учетом преобладания умственного и физического труда и его тяжести специалисты механизаторы подразделяются на 2 группы: водители самоходных агрегатов и машин и специалисты стационарных установок (мотористы, слесари, электрификаторы). Поэтому работа одних связана управлением транспорта, большой психофизической нагрузкой, а других – со сложной координацией движений и работой в непростых условиях (на высоте, в узких помещениях). Это требует выносливости, силы отдельных мышц, специальной координации движений. Занятия по физической культуре для выпускников должны включать следующие виды спорта: гиревой спорт, армспорт, борьбу, гимнастику, спортивные игры и другие виды спорта.

3.7 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.

					ВКР СОД 00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Листа	№ докум	Подпись	Дата		19

Во избежании 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]:

$$G = \frac{(160 + 13,5V_n) \cdot \rho}{100} \cdot \frac{\text{мг}}{\text{м}^3}, \quad (3.26)$$

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 5.1 и 5.2. При недостаточной вентиляции рабочие

					ВКР СОД 00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		20

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 3.1 – 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 3.2 – 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

3.8 Расчёт технико-экономических показателей эффективности конструкции

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

					ВКР СОД 00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		21

- 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.

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

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

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

$$\Pi_3 = C + K \cdot E_n, \text{руб.}$$

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

Удельные капитальные затраты:

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

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

$$B = B_o + B_n, \text{руб.},$$

$$B_o = C \cdot K_T, \text{руб.},$$

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

Стоимость базового стенда для бестормозной обкатки составляет 350000 руб.

$$B_{o1} = 350000 \cdot 1,1 = 385000 \text{ руб.}$$

$$B_{o2} = 175460 \cdot 1,1 = 193006 \text{ руб.}$$

$$B_n = \Pi \cdot C_n, \text{руб.} \quad [21]$$

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

					ВКР СОД 00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

Таблица 3.3 – 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.	$У_0$	350000	177028
Трудоёмкость обкатки, чел.-ч	B	4,7	4,2
Амортизационные отчисления, %	A_0	12,5	12,5
на оборудование, %	$A_{п}$		2,5
на помещение, %		2,5	
Нормативные годовые отчисления на содержание и ремонт оборудования, %	H_0	6	6
помещения, %	$H_{п}$	3	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_0	1,13	1,13
Коэффициент, учитывающий начисления на социальные нужды	$K_{н}$	1,261	1,261
Коэффициент,	$K_{т}$	1,1	1,1

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ВКР СОД 00.00.00 ПЗ

Лист

23

учитывающий накладные расходы			
Стоимость 1кВт·ч электроэнергии, руб.	$C_э$	2,50	2,50
Стоимость 1м ² помещения, руб.	$C_{п}$	2525	2525
Стоимость 1литра масла, руб.	$C_{ж}$	50	50
Занимаемая производственная площадь, м ²	$П$	16,0	16,5
Мощность обкатываемого стенда, кВт	$М$	30	31

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

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

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

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

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

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

Удельные эксплуатационные затраты

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

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

$$C_{пр1} = 4,7 \cdot 29,09 + 4,7 \cdot 37,73 = 314,05 \text{ руб.}$$

$$C_{пр2} = 4,2 \cdot 29,09 + 4,2 \cdot 37,73 = 280,65 \text{ руб.}$$

Дополнительная оплата труда:

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

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

Отчисления на социальные нужды:

$$C_{соц1} = 26 \cdot (314,05 + 39,3) / 100 = 91,9 \text{ руб.}$$

$$C_{соц2} = 26 \cdot (280,65 + 35,1) / 100 = 82,09 \text{ руб.}$$

$$C_{пр.н1} = 314,05 + 39,3 + 91,9 = 445,25 \text{ руб.}$$

$$C_{пр.н2} = 280,65 + 35,1 + 82,09 = 397,84 \text{ руб.}$$

Амортизационные отчисления на оборудование:

$$C_{АО} = Б \cdot A_0 / A_H \cdot 100, \text{ руб.},$$

где A_0 – норма амортизационных отчислений на оборудование, %, $A_0=12,5\%$; A_H – годовая программа ремонта дизелей, шт.; $A_H=100$.

$$C_{АО1} = 385000 \cdot 12,5 / 100 \cdot 100 = 481,3 \text{ руб.}$$

$$C_{АО2} = 193006 \cdot 12,5 / 100 \cdot 100 = 241,3 \text{ руб.},$$

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

$$C_{АП1} = 40400 \cdot 2,5 / 100 \cdot 100 = 101 \text{ руб.}$$

$$C_{АП2} = 41662,5 \cdot 2,5 / 100 \cdot 100 = 104 \text{ руб.}$$

Отчисления на содержание и текущий ремонт оборудования и помещений:

$$C_{ТО} = Б_0 \cdot H_0 / A_H \cdot 100, \text{ руб.}, \quad [21]$$

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

					ВКР СОД 00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

$$C_{T.01} = 385000 \cdot 6 / 100 \cdot 100 = 231 \text{ руб.}$$

$$C_{T.02} = 193006 \cdot 6 / 100 \cdot 100 = 115,8 \text{ руб.}$$

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

$$C_{T.П1} = 40400 \cdot 3 / 100 \cdot 100 = 121 \text{ руб.},$$

$$C_{T.П2} = 41662,5 \cdot 3 / 100 \cdot 100 = 125 \text{ руб.}$$

Затраты на электроэнергию:

$$C_3 = M \cdot T_0 \cdot C_3 / A_{\text{н}}, \text{ руб.}, \quad [21]$$

где M – мощность обкаточного станда, кВт; T_0 – годовой фонд работы оборудования, ч; C_3 – 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.

$$C_{31} = 30 \cdot 200 \cdot 2,50 / 100 = 150 \text{ руб.}$$

$$C_{32} = 31 \cdot 200 \cdot 2,50 / 100 = 155 \text{ руб.}$$

Затраты на топливо:

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

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

$$C_{\text{м1}} = 50 \cdot 27 = 1350 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{м2}} = 50 \cdot 24 = 1200 \text{ руб.}$$

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:

					ВКР СОД 00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

$$\mathcal{E}_r = (\Pi_{31} - \Pi_{32}) \cdot A_{\text{И}}, \text{руб.}$$

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

Годовая экономия эксплуатационных затрат:

$$\mathcal{E}_3 = (2879,55 - 2338,94) \cdot 100 = 54061 \text{руб.}$$

Экономическая эффективность капитальных вложений:

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

$$\mathcal{E}_{e2} = 54061 / 193006 = 0,28$$

Срок окупаемости:

$$T_e = E / \mathcal{E}_e, \text{лет} \quad [21]$$

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

Таблица 3.4 – 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.

					ВКР СОД 00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

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.

При разработке конструкции стенда для приработки со статико-динамическим нагружением было спроектировано устройство, включающее в себя механизм поворота коленчатого вала, систему нагружения.

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

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 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. Погорельый, И. П. Обкатка и испытание тракторных и автомобильных двигателей / И. П. Погорельый. – 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. Никольченко, 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. Вацкребенцев 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.