



ОСНОВЫ РЕМОНТА АВТОМОБИЛЕЙ. ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

 «Инфра-Инженерия»

УДК 629.33(075.8)

ББК 39.33

О-75

А в т о р ы :

А. М. Кадырметов, Д. А. Попов, В. О. Никонов, Е. В. Снятков

Р е ц е н з е н т ы :

кафедра эксплуатации транспортных и технологических машин

ФГБОУ ВО «ВГАУ имени императора Петра I»;

зав. кафедрой электротехники и автоматики

ФГБОУ ВО «ВГАУ имени императора Петра I»

д-р техн. наук, проф. *Д. Н. Афоничев*;

зав. кафедрой эксплуатации транспортных и технологических машин

ФГБОУ ВО «ВГАУ имени императора Петра I» д-р техн. наук *Е. В. Пухов*

О-75 Основы ремонта автомобилей. Теория и практика : учебное пособие / [А. М. Кадырметов и др.]. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2020. – 372 с.: ил., табл.

ISBN 978-5-9729-0483-9

Приведены сведения о причинах возникновения дефектов и потери работоспособности узлов и агрегатов автомобилей, дан анализ процессов развития дефектов в эксплуатации. Рассмотрены вопросы технико-экономического обоснования ремонта и эксплуатации автомобилей. Особое внимание уделено проблемам трения, износа и старения деталей машин, а также способам повышения их ресурса. Предложена методика проведения практических работ.

Для студентов бакалавриата, обучающихся по транспортным направлениям подготовки.

УДК 629.33(075.8)

ББК 39.33

ISBN 978-5-9729-0483-9

© Издательство «Инфра-Инженерия», 2020

© Оформление. Издательство «Инфра-Инженерия», 2020

ЧАСТЬ I. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РЕМОНТА

1. АКТУАЛЬНОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ В ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ ПО АВТОМОБИЛЬНОМУ РЕМОНТУ

1.1. Краткая история и современное состояние автомобильного ремонта в России

Авторемонтная индустрия является частью машиностроительной отрасли и неразрывно с нею связана с начала ее становления. При массовом производстве машин возникла необходимость в текущем и далее в их капитальном ремонте (далее к/р). Пик развития индустриального или централизованного ремонта в Советском Союзе пришелся на вторую половину XX века и характеризовался масштабным строительством авторемонтных заводов как военного, так и гражданского назначения. Как правило, заводы создавались специализированными на капитальном полнокомплектном или агрегатно-узловом ремонте одной-двух марок автомобилей. Так, на территории Воронежской области действовали 3 авторемонтных завода гражданского назначения (ВОЭАРЗ, Острогжский АРЗ, Митрофановский АРЗ) и один – военного (ЦАРЗ 172). Программа авторемонтных заводов исчислялась десятками тысяч единиц ремонта машин в год и выполнялась поточно. Примерная программа Воронежского опытно-экспериментального авторемонтного завода (ВОЭАРЗ): к/р двигателей ЗИЛ-130 – 11 300 ед.; к/р коробок передач – 5400 ед.; к/р автомобилей ГАЗ-24 – 1100 ед.; к/р агрегатов ГАЗ – 7000 ед.; изготовление гильз цилиндров – 30 000 шт. и др., при численности работающих 1033 чел.

На заводах имелись собственные конструкторские и технологические бюро, которые занимались разработкой новых и совершенствованием действующих технологий ремонта. Это обеспечивало непрерывный рост среднего ресурсного пробега отремонтированных автомобилей относительно новых, который составлял по разным оценкам 0,8–0,85. Программы заводов обеспечивались пятилетними планами поставки ремфонда (выработавших свой ресурс автомобилей и агрегатов) с близлежащих к заводу организаций.

С началом перехода России от плановой к рыночной экономике (90-е годы) ситуация резко изменилась: заводы, построенные на принципе массового производства, не смогли «загрузить» свои производственные мощности необходимой программой ремонта, начали терпеть убытки, сокращать кадры, морально и физически устаревшее технологическое оборудование обновлять были уже не в состоянии и в течение 10 лет практически все были реорганизованы.

Вместе с этим потребность в ремонте не пропала, практически все виды ремонта машин стали выполнять частные организации по гаражному принципу и собственные мастерские крупных предприятий (децентрализованная форма организации). Ремонтно-механические мастерские предприятий автомобильного транспорта и других организаций, ранее осуществлявшие мелкий текущий ремонт, стали выполнять более сложные задачи, такие как капитальный ремонт агрегатов и кузовов. Стоит отметить, что по причине отсутствия специализированных кадров, сложного, дорогостоящего оборудования и технологии качество такого ремонта резко уступает индустриальному (централизованному), а себестоимость гораздо выше, но других вариантов тогда не было.

Начало 2000-х гг. характеризуется развитием дилерских сетей зарубежных автопроизводителей, которые вместе с продажей автомобилей обязуются осуществлять гарантийный и постгарантийный ремонт автомобилей и машин по заводским технологиям на оборудовании, которое рекомендует завод (фирменный ремонт). Текущий ремонт выполняется исключительно заменой дефектных деталей, а при возникновении необходимости в проведении капитального ремонта агрегата он заменяется новым. Реновация (восстановление) даже незначительных дефектов деталей не производится, они также заменяются новыми.

Таким образом, в современных условиях основной и наиболее конкурентоспособной является фирменная организация ремонта машин, характеризующаяся высоким качеством текущего ремонта за счет преемственности технологии автопроизводителя, отсутствием технологии реновации деталей и высокой стоимостью.

1.2. Значение и роль специалиста авторемонтного предприятия

Ремонт транспортно-технологических машин – это комплекс операций по восстановлению исправности или работоспособности изделий и восстановлению ресурсов изделий или их составных частей.

Необходимость в ремонте появилась сразу же, как только появились машины: рано или поздно возникает необходимость восстановления ее полной или частичной работоспособности или ресурса. Современные машины и автомобили, несмотря на значительные достижения науки и техники в совершенствовании конструкций и материалов, все же нуждаются в ремонте.

Кто же такой современный специалист автотранспортной отрасли, какими знаниями и навыками он должен обладать и чего от него ожидают на производстве? Безусловно, что в первую очередь это инженер, отлично знающий конструкцию и принцип действия современных машин и механизмов, предельно допустимых режимов и условий их эксплуатации. Знание принципов организации технического обслуживания машин необходимо специалисту, чтобы обеспечить максимальный ресурс и надежность машин при минимальных издержках и простоях. И, как показала практика, наиболее сложной и ответственной задачей, стоящей перед специалистом, является организации ремонта машин. Сложной, потому что отказы, как правило, возникают случайно, бывают простые и сложные, явные и скрытые, и все они требуют рационального решения при назначении вида ремонта, определения степени его сложности и характеризуются зачастую уникальностью каждого конкретного случая. А все уникальное требует индивидуального или дифференцированного подхода, существенных материальных вложений, затрат времени и привлечения высококвалифицированных специалистов.

Так, например, разберем случай «автомобиль не запускается». В первую очередь специалист назначил диагностику, в результате которой установлена причина отказа – недостаточная компрессия в цилиндре по причине прогара выпускного клапана. Далее назначается ремонт по восстановлению работоспособности клапана, предполагающий снятие головки блока цилиндров (ГБЦ). После снятия ГБЦ необходимо ее разобрать и очистить. Когда детали ГБЦ стали чистыми, то на поверхности разъема были замечены трещины между клапанными отверстиями и следы эрозии на поверхности. В этом случае необходимо выбрать один из нескольких вариантов: заменить только неисправный клапан; заменить ГБЦ новой; отремонтировать ГБЦ, или предложить свой вариант. Выбор решения зависит, в свою очередь, от таких факторов, как наличие необходимого оборудования и специалистов, технико-экономической целесообразности проведения ремонта, а также некоторых субъективных факторов (назовите их).

Как видно из приведённого примера, ремонт можно охарактеризовать как сложный процесс, в котором принять решение может только специалист, вла-

деющий масштабными знаниями и навыками в области устройства, эксплуатации и ремонта машин.

Дисциплина «Теоретические основы ремонта» призвана дать будущему специалисту знания о фундаментальных причинах возникновения дефектов деталей машин, закономерностях проявления отказов, способах определения остаточного ресурса деталей и надежности машин.

1.3. Тенденции развития машиностроения

В настоящее время в машиностроении можно отметить следующие тенденции [1–4]:

1. Значительное сокращение, особенно в системах управления, количества механических систем, которые уступают место электрическим и электронным.
2. Повышение нагрузочных и скоростных напряженных состояний в материале деталей.
3. Снижение материалоемкости (массы) деталей и машин. При этом уменьшается такой важный показатель механических систем, как отношение массы к развиваемым усилиям.
4. Возрастание числа функционально связанных в единую цепь деталей, машин и механических систем, в связи с чем особую важность приобретают вопросы надежности.
5. Сокращается цикл от создания машин, последующей их разработки до производства.
6. На передний план в исследованиях все более выдвигаются вопросы экономии трудовых затрат и материалов при разработке, изготовлении, эксплуатации и ремонте машин.

Из этого следует, что все большее внимание в машиностроении будет уделяться вопросу надежности и точно predetermined долговечности деталей машин. Для его решения необходимо определить движущие силы. Они позволят решить задачи с различных позиций и с привлечением множества дисциплин. Это приведет к интеграции дисциплин при решении основных задач и появлению новых дисциплин с принципиально новыми научными выводами методами [5–6].

Помимо этого в автомобилестроении и его разновидности – ремонтном производстве, следует использовать уже известные и новые технологические способы упрочнения деталей при изготовлении или ремонте. Действительно,

применение электрических и комбинированных методов позволяет сформировать необходимые потребительские качества поверхностного слоя в том числе внешний вид, прочность, надежность, долговечность, работоспособность, ремонтпригодность и др.

1.4. Требования, предъявляемые к автотранспортным средствам и их элементам

Любое изделие характеризуется рядом признаков, важнейшими из которых являются узкая целевая направленность; строго определенная номенклатура показателей технологических характеристик; способность реализовать свои возможности на определенном временном интервале.

Так, грузовой автомобиль предназначен для перевозки различных грузов, с максимальной скоростью доставки потребителю обеспечив их качественную сохранность; автомобили, перевозящие пассажиров, в том числе автобусы, маршрутные такси и т. д., предназначены для доставки пассажиров комфортно и безопасно в соответствии с графиком (по расписанию) движения.

Автомобили специального назначения, в частности, скорая медицинская помощь, пожарные машины, цементовозы и муковозы, машины, предназначенные для перевозки элементов строительных конструкций, и т. д., служат для выполнения ими соответствующих конкретных задач.

Двигатель внутреннего сгорания служит для превращения тепловой энергии в механическую. Муфта сцепления – для передачи крутящего момента от маховика на первичный вал КП и кратковременного отключения привода от маховика на первичный вал (ведомый диск) КП.

Пневматические шины автомобиля через ступицу и диск получают крутящий момент от полуоси и, взаимодействуя с дорожным покрытием, за счет силы трения способствуют перемещению автомобиля. Помимо этого, вследствие сцепления шин с дорожным покрытием они создают тормозное, тяговое и управляющее усилия, а также обеспечивают поперечную устойчивость и устойчивость в направлении движения. В тех случаях, когда рисунок протектора изнашивается больше допустимого, сила трения уменьшается и, кроме того, снижается безопасность эксплуатации автомобиля.

Поршневой палец через верхнюю головку шатуна воспринимает давление газов на днище поршня, передает усилие на шатунные шейки коленчатого вала.

При износе пальца и втулки условия работы сопряжения резко ухудшаются. Зуб ковша экскаватора, нож грейдера, скрепера, лемех плуга, штыковая лопата служат для отделения почвы от общего массива и последующей ее транспортировки. Однако по мере износа режущей кромки этих рабочих органов усилия срезания увеличиваются, дальнейшее использование становится нецелесообразным.

Компрессионные кольца ДВС служат для уплотнения сопряжения гильза – поршень и предотвращения прорыва газов при рабочем такте и других режимах (тактах) работы двигателя. Износ этих сопряжений (гильза – кольцо) приводит к потере мощности и другим нежелательным последствиям.

Венец маховика (деталь) служит для передачи крутящего момента от шестерни муфты свободного хода стартера на коленчатый вал. Износ венца маховика приводит к неполному зацеплению с шестерней муфты свободного хода стартера, а переход с неподвижной посадки сопряжения к подвижной (венце-маховик) приведет к отказу работы этой сопряженной пары.

Несущий кузов легкового автомобиля или автобуса, помимо других назначений, формирует салон с необходимыми удобствами, при движении взаимодействует с атмосферным воздухом и в зависимости от его конструкции оказывает определенное сопротивление движению автомобиля.

С течением времени в отдельных сопряжениях, в том числе и отдельных узлов, происходят изменения, которые приводят к потере первоначально заданных изделию необходимых характеристик, временному или постоянному отказу.

Таким образом, к каждому изделию, в том числе автомобилю, предъявляются определенные требования, которые характеризуются выходными параметрами: например, по двигателям такими заданными условиями являются требования по нагрузочным и скоростным характеристикам.

1.5. Требования, предъявляемые к двигателю внутреннего сгорания

Известно, что эксплуатационные характеристики двигателя зависят от конструктивных особенностей, как то: рабочего объема цилиндров, хода поршня – направляющих цилиндра, частоты вращения коленчатого вала, степени сжатия, применяемого вида топлива и способа воспламенения рабочей смеси, смазки и охлаждения [7].

В основном названные конструктивные решения формируются и существенно влияют на значения выходных параметров двигателя, в том числе на эффективную мощность, крутящий момент, мощность трения, удельный и часовой расход топлива (рис. 1).

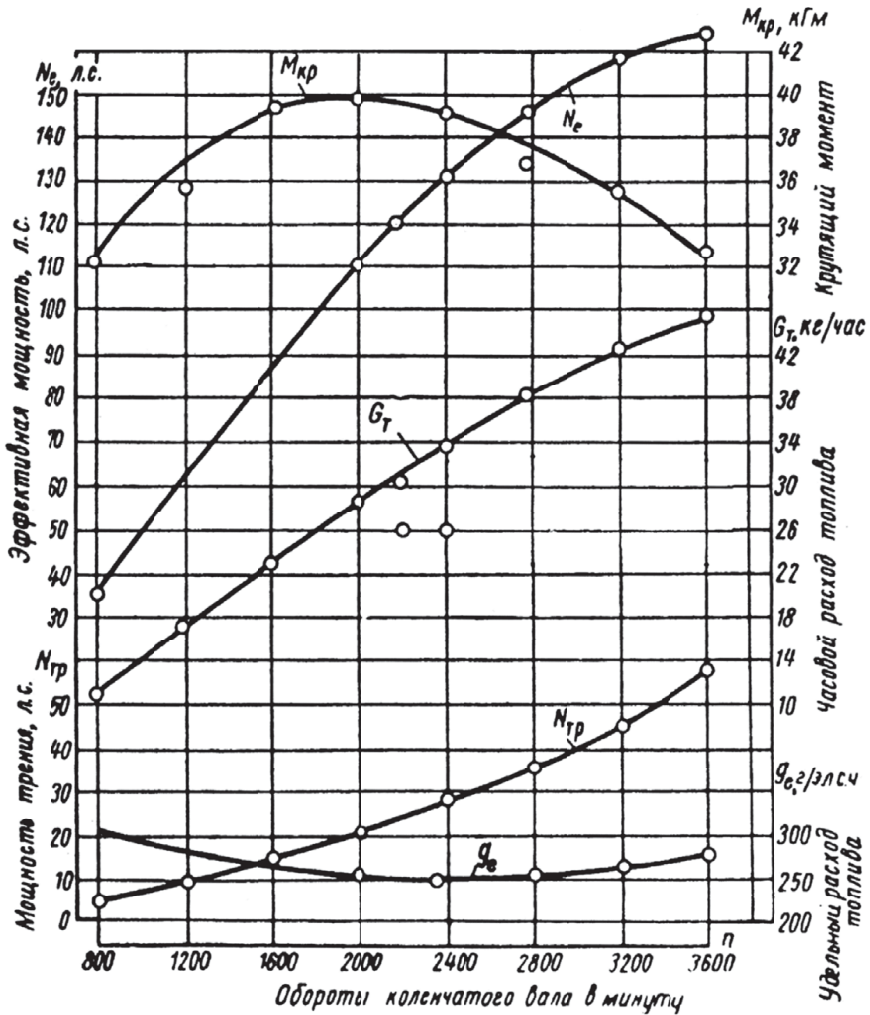


Рис. 1. Нагрузочная и скоростная характеристики двигателей ЗИЛ-130

При этом у карбюраторного двигателя частные характеристики снижают при разных положениях дроссельной заслонки, что влияет на величину

коэффициента наполнения. По мере прикрытия заслонки коэффициент наполнения и другие характеристики соответственно изменяются.

В дизельных двигателях изменение нагрузки достигается перестановкой рейки топливного насоса. С повышением числа оборотов топливоподающая аппаратура обеспечивает некоторое увеличение подачи топлива на цикл (рис. 2). В то же время наличие регулятора облегчает управление дизелем при его эксплуатации на режиме, близком к номинальному.

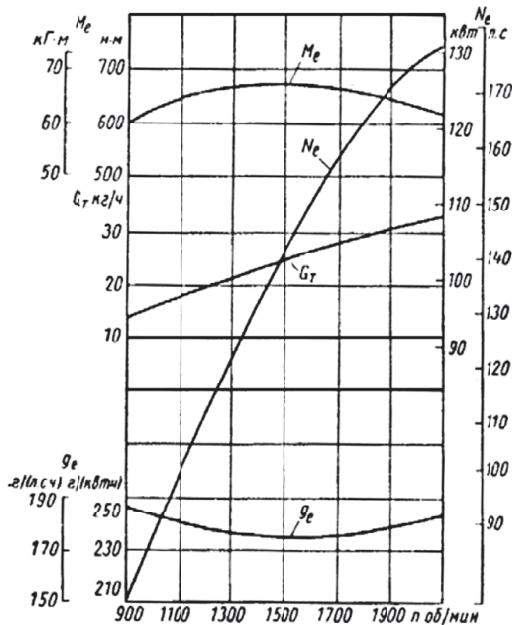


Рис. 2. Внешняя скоростная характеристика дизеля ЯМЗ-236

Характеристика снимается при постоянном положении органа управления регулятором и увеличении нагрузки от холостого хода до максимальной. Такая характеристика называется регуляторной.

При изготовлении двигателя (карбюраторного или дизельного) на автомобильном заводе, а также его ремонте на одном из предприятий (АРЗ, АТП и т. д.) предусмотрена технологическая операция – обкатка с последующим испытанием. При испытании добиваются эксплуатационных характеристик в соответствии с требованиями на новый или отремонтированный двигатель.

Внешняя скоростная характеристика (рис. 3) устанавливает связь и влияние частоты n оборотов коленчатого вала на изменение таких выходных параметров, как крутящий момент $M_{кр}$, эффективная мощность N_e , частота G_m и удельный расход топлива g_e .

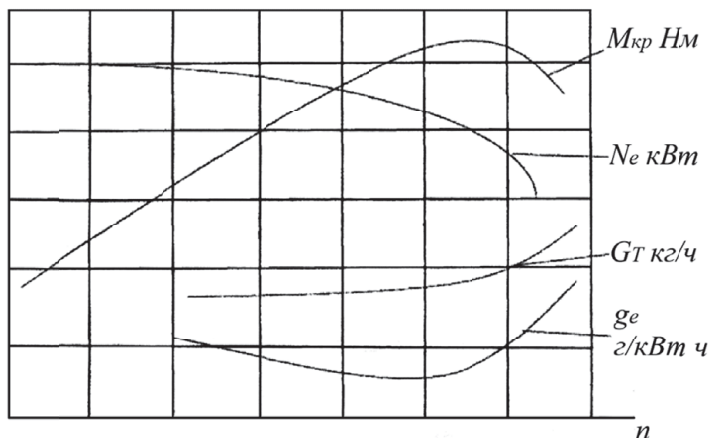


Рис. 3. Внешняя скоростная характеристика

С другой стороны, параметры могут характеризовать состояние отдельных деталей, узлов, двигателя в целом. В то же время значение каждого выходного параметра зависит от выходных параметров отдельных деталей и узлов, отдельных сборочных единиц, составляющих данное изделие (двигатель).

Например, одной из главных причин падения эффективной мощности двигателя является снижение компрессии, на которую, в свою очередь, может повлиять износ компрессионных колец и рабочих поверхностей гильз блока цилиндров двигателя, износ тарелок клапана и клапанных гнезд, прорыв газов между прокладкой блока и головкой блока цилиндров.

Давление в системе смазки двигателя при других равных условиях может быть ниже допустимого по причине износа вкладышей и соответствующих шеек коленчатого вала, износ элементов масляного насоса по причине перепускных и редукционных клапанов системы смазки и других эксплуатационных причин.

Таким образом, в процессе выполнения своих функций в изделии происходит изменение первоначального состояния сопряжений (подвижной или неподвижной посадки), в результате изделие становится неработоспособным, т. к. не выполняет первоначально заданных функций.

Под работоспособностью двигателя следует понимать такое его состояние, при котором двигатель способен выполнять заданные функции с установленными параметрами. Основные внешние параметры, характеризующие работу двигателя, связаны между собой математическими зависимостями:

$$M_{кр} = \frac{N_e}{W}, \quad (1)$$

$$q_0 = \frac{G_T}{N_e}, \quad (2)$$

где N_e – развиваемая двигателем эффективная мощность, кВт;

$M_{кр}$ – крутящий момент на валу двигателя, Н·м;

W – угловая скорость вращения коленчатого вала, рад/с;

G_T – часовой расход топлива, кг/ч;

q_0 – удельный расход топлива, кг/кВт·ч.

По мере износа деталей параметры двигателя изменяются. Наиболее значительное влияние на снижение работоспособности двигателя оказывают износ деталей механизма газораспределения и износ деталей цилиндропоршневой группы.

Механизм газораспределения предназначен для впуска в цилиндры двигателя горючей смеси или воздуха и для выпуска отработанных газов. В соответствии с этим при проектировании двигателей стремятся установить такие конструктивные параметры деталей газораспределительного механизма и всей системы в целом, которые обеспечили бы наилучшее наполнение его цилиндров горючей смесью и очистку отработанных газов.

С точки зрения возможности качественного осуществления процессов газообмена основными оценочными параметрами клапанной системы газораспределения являются характер кривой подъема клапана, максимальная высота подъема клапана, фазы газораспределения и время – сечение клапана.

Решение вопроса обеспечения изделия (автомобилю) необходимой надежности связано с созданием оптимальной конструкции, качественным изготовлением в производственных условиях, соответствием требованиям условий его эксплуатации. В этом случае для увеличения жизненного цикла изделия (автомобиля)

изучаются такие вопросы, как выбор системы технического обслуживания (включая периодичность хранения, транспортирования, монтажа); выбор оптимальных вариантов эксплуатации [8, 9]; методы восстановления машины (технологический аспект); экономическое обоснование целесообразной длительности при эксплуатации машины и применяемых методов ремонта и обслуживания; контроль в процессе эксплуатации и техническая диагностика машины; выбор и обработка информации о надежности машин в процессе эксплуатации.

1.6. Факторы, обеспечивающие ресурс изделия

Особенностью проблемы создания изделия с максимальным резервом является связь со всеми этапами его рождения, в том числе с проектированием, изготовлением и использованием машины, начиная с момента, когда формируется и обосновывается идея создания новой машины и кончая принятием решения о ее списании. Каждый из этапов вносит свою лепту в решение трудной задачи создания машины с требуемым уровнем ресурса и наименьшими затратами времени и средств. Основные решения по надежности, принятые на стадии проектирования или изготовления машины, непосредственно сказываются на ее эксплуатационных и экономических показателях, которые нередко вступают между собой в противоречие.

Поэтому необходимо выявление связей между показателями надежности и возможностями их повышения на каждом из этапов проектирования, изготовления и эксплуатации машины.

При *проектировании и расчете машины* закладывается ее надежность. Она зависит от конструкции машины и ее узлов, применяемых материалов, методов защиты от различных вредных воздействий, системы смазки, приспособленности к ремонту и обслуживанию и других конструктивных особенностей.

Действительно при конструировании машин рассматриваются методы расчета сопряжений и узлов машин, а также машины в целом, для того чтобы получить необходимые показатели надежности и долговечности. В связи с этим необходимо:

- исследовать процессы, действующие на машину и приводящие к потере исходных характеристик (анализ типичных для данных машин процессов, режимов работы машины и спектров нагрузок);

- произвести расчет изменения машиной и ее элементами начальных параметров (в результате изнашивания, усталости и других процессов);
- провести расчет предельных состояний, сроков службы и показателей надежности машины и ее элементов;
- найти методы повышения надежности и долговечности машин за счет конструктивных факторов (в их числе: выбор рациональной конструктивной схемы, функциональная взаимозаменяемость, резервирование, автоматическое восстановление утрачиваемой работоспособности);
- обеспечить стандартизацию, унификацию и агрегатирование узлов с точки зрения надежности;
- произвести расчет надежности машины в целом (с учетом условий и режимов ее работы и требуемых показателей надежности); обеспечить оптимизацию показателей надежности и долговечности и привести экономическое обоснование для выбранных вариантов.

Процесс изготовления изделия – автомобиля. На качество изготавливаемого автомобиля влияет выбор параметров технологического процесса и его организация с точки зрения получения бездефектной продукции и улучшения показателей качества, определяющих надежность выпускаемых изделий. Такие требования могут быть удовлетворены при:

- организации бездефектного выпуска продукции (экономическое обоснование, роль человека, организационное построение, в том числе службы надежности и др.);
- технологических методах и режимах, обеспечивающих выпуск надежной продукции (в том числе методы упрочнения);
- z-показателях качества технологического процесса, определяющих надежность изделий (качество материала, качество поверхностного слоя, качество сборки);
- контроле качества продукции в процессе производства – статистический контроль, дефектоскопия и интроскопия [9];
- надежности технологического процесса (стабильность технологического процесса, надежность обеспечения качества, принцип саморегулирования технологического процесса) [10, 11, 12].

Рассматриваются методы и средства испытания изделий, планирование объема испытаний, оценка достоверности полученных данных.

Обеспечение надежности при эксплуатации машин. Рассматриваются методы эксплуатации, обслуживания, ремонта и хранения изделий для реализации заложенной в машине надежности. В этой связи необходимо исследовать:

- систему ремонта и обслуживания машин (включая периоды хранения, транспортирования, монтажа) с выбором оптимальных вариантов;
- методы восстановления машин (технологический аспект ремонта);
- экономическое обоснование целесообразности длительности эксплуатации машины и применяемых методов ремонта и обслуживания;
- порядок контроля и технической диагностики в процессе эксплуатации;
- сбор и обработку информации о надежности машин в процессе эксплуатации.

Качественное выполнение трех названных этапов позволяет продлить жизненный цикл автомобиля до физического и морального износа.

После окончания приработки на указанных режимах снимают нагрузочную и скоростную характеристику двигателя по методике, предусмотренной ГОСТ 491-55. В качестве примера на *рисунке 1* приведены указанные характеристики для двигателя ЗИЛ-130. Результаты испытания двигателя удовлетворяют техническим условиям, если отклонение мощности в точках, соответствующих замерам мощности при снятии характеристик, не превышает $\pm 6\%$ от расчетных значений.

Вопросы для самопроверки

1. В чем преимущества электрических и электронных систем управления перед механическими?
2. Как совместить выполнение таких требований, как повышение нагрузочных и скоростных напряжений, со снижением материалоемкости деталей?
3. Почему кривая изменения $M_{кр}$ вначале плавно увеличивается, а затем резко снижается от числа оборотов n ?
4. Воспользуйтесь рисунком 3 и поясните закономерность изменения удельного расхода топлива g_e с оборотами n .
5. Какие специалисты создают конструкцию, реализуют ее при создании и обеспечивают заданный ресурс при эксплуатации?

2. ОБОСНОВАНИЕ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМОБИЛЯ

2.1. Экономический аспект надежности

Оценка достигнутого уровня надежности и необходимости его повышения должна производиться в первую очередь с экономических позиций, ибо экономика является основным критерием для решения большинства практических вопросов надежности. Действительно, современный уровень развития техники позволяет достичь практически любых показателей качества и надежности изделия, и все дело заключается в затратах на достижение поставленной цели. Эти затраты могут быть столь высоки, что эффект от повышенной надежности объекта не возместит их, и суммарный результат от проведенных мероприятий будет отрицательным.

Конечно, очень многое зависит от характера принимаемых решений. Часто мероприятия по повышению надежности могут и не требовать существенных затрат, поскольку наука и практика подсказывают рациональные решения. Однако всегда имеется широкий диапазон самых разнообразных возможностей по повышению начального качества машины и изменению ее конструкции, по применению более качественных материалов, по выбору различных вариантов технологического процесса и использованию специальных методов, повышающих надежность изделий, по применению той или иной системы ремонта и технического обслуживания машин и т. п.

Сравнение различных вариантов достижения требуемого уровня надежности должно исходить из условия получения наибольшего суммарного экономического эффекта с учетом затрат в сферах производства и эксплуатации машины и того положительного экономического эффекта, который дает использование машины по назначению. В общем случае изменение во времени суммарного экономического эффекта при эксплуатации машины происходит под влиянием двух основных факторов (*рис. 4*). С одной стороны, необходимо учитывать затраты на изготовление новой машины Q_n , включая ее проектирование, изготовление, испытание, отладку, транспортировку к месту работы и другие затраты, а также затраты на эксплуатацию Q_{Σ} , включая техническое обслуживание, ремонт, профилактические мероприятия – все то, что связано

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
---------------	---

Часть I. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РЕМОНТА

1. АКТУАЛЬНОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ В ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ ПО АВТОМОБИЛЬНОМУ РЕМОНТУ	4
1.1. Краткая история и современное состояние автомобильного ремонта в России	4
1.2. Значение и роль специалиста авторемонтного предприятия	5
1.3. Тенденции развития машиностроения	7
1.4. Требования, предъявляемые к автотранспортным средствам и их элементам	8
1.5. Требования, предъявляемые к двигателю внутреннего сгорания.....	9
1.6. Факторы, обеспечивающие ресурс изделия.....	14
2. ОБОСНОВАНИЕ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМОБИЛЯ	17
2.1. Экономический аспект надежности.....	17
2.2. Процессы, приводящие к потере работоспособности.....	19
2.3. Работоспособность и надежность изделий	21
2.4. Причины потери машиной работоспособности.....	24
2.5. Классификация процессов, действующих на машину, по скорости их протекания	27
3. АНАЛИЗ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ, ОПИСЫВАЮЩИХ ИЗМЕНЕНИЯ В МАТЕРИАЛАХ.....	31
3.1. Изменение свойств и состояния материалов как причина потери изделием работоспособности	31
3.2. Три уровня изучения поведения материалов	32
3.3. Классификация процессов старения	34
3.4. Процессы разъедания	40
3.5. Область существования процесса старения.....	45
3.6. Старение машины и изнашивание ее элементов	47
4. АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ ЗАКОНА ИЗМЕНЕНИЯ ВЫХОДНОГО ПАРАМЕТРА	49
4.1. Связь между степенью повреждения и выходным параметром изделия	49
4.2. Формирование закона изменения выходного параметра во времени.....	52
5. ОЦЕНКА ПРЕДЕЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ИЗДЕЛИЯ	55
5.1. Предельное состояние по степени повреждения и по выходному параметру.....	55
5.2. Критерии оценки предельного состояния по выходному параметру	56
5.3. Регламентация предельных состояний в нормативно-технической документации	58

5.4. Максимально допустимое значение выходного параметра как случайная величина	60
5.5. Предельные величины износов и сроки службы деталей	63
5.6. Критерии оценки предельной работоспособности двигателя	67
6. ОСНОВЫ ТРИБОНИКИ	73
6.1. Определение и предмет исследования трибоники	73
6.2. Краткий обзор исследований по трению и износу	73
6.3. Представление о механизме трения и теории трения	76
6.4. Молекулярно-механическая теория	78
6.5. Взаимодействие поверхностей	83
6.6. Изменение свойств поверхностного слоя при трении	87
6.7. Энергетическая теория трения	92
7. ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РЕМОНТА АВТОМОБИЛЕЙ	97
7.1. Обоснование целесообразности капитального ремонта. Сравнительный анализ ремонтного производства	97
7.2. Механизм влияния режимов и внешних условий эксплуатации на износ деталей машин	102
8. ОСНОВЫ ТЕОРИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕМОНТА АВТОМОБИЛЕЙ	106
8.1. Обоснование необходимости капитального ремонта	106
8.2. Источники экономической эффективности ремонтного производства	108
8.3. Оценка эффективности способов восстановления деталей	111
8.4. Некоторые практические примеры	114
8.5. Факторы, влияющие на эффективность работы АРП	115
8.6. Оценка экономической эффективности технологии ремонта автомобилей	121
8.7. Оценка прогрессивности технологии и используемого оборудования	125
8.8. Обоснование сроков действия ремонта деталей	129
8.9. Основные технологические методы повышения производительности используемого оборудования	131
8.10. Метод расчета долговечности восстанавливаемых деталей по износостойкости для вращательного движения при жидкостном трении	134
8.11. Расчет восстанавливаемых деталей на долговечность по износостойкости для вращательного движения при граничном трении	145
9. ВЛИЯНИЕ КИНЕМАТИКИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ И СОСТОЯНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ТРЕНИЯ НА ИЗНОС	149
9.1. Классификация сопряжений по условиям изнашивания	149
9.2. Влияние схемы трения на износ	151
9.3. Расположение материалов по твердости в парах трения	154
10. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА РЕМОНТА МАШИН	158
10.1. Некоторые понятия и определения	158
10.2. Значение технической документации на качество ремонта автомобилей	161
10.3. Критерии и методы оценки качества ремонта автомобилей	166
10.4. Общие принципы управления качеством на предприятии	170

11. ЗАДАЧИ И МЕТОДЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РЕМОНТОПРИГОДНОСТИ МАШИН ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И ИЗГОТОВЛЕНИИ.....	173
11.1. Характеристика требований к ремонтпригодности, включаемых в техническое задание на проектирование и изготовление машины	174
11.2. Общие требования показателя ремонтпригодности.....	175
11.3. Дополнительные показатели ремонтпригодности	180
12. МЕТОДИКА РАСЧЕТА ЗАПАСНЫХ ЧАСТЕЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВИДА ТРЕНИЯ И ОТКАЗОВ.....	185
12.1. Обоснование необходимости расчета запасных частей.....	185
12.2. Расчет запасных частей для случая постепенных отказов	185
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ К I ЧАСТИ.....	192

Часть II. ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ И ПРОВЕДЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ	195
1.1. Общие методические указания.....	195
1.2. Планирование практических работ.....	199
1.3. Подготовка лаборатории к проведению работ	200
1.4. Порядок выполнения работ, составление отчета и его защита	201
2. ХАРАКТЕРНЫЕ ВИДЫ ДЕФЕКТОВ И ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К МАТЕРИАЛАМ ДЕТАЛЕЙ МАШИН	202
2.1. Практическая работа № 1. Определение видов дефектов деталей автомобилей.....	202
2.2. Практическая работа № 2. Требования к антифрикционным и фрикционным материалам	215
3. ОБОСНОВАНИЕ ДОВЕРИТЕЛЬНОГО ВЫБОРА МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЯ ИЗНОСА И ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ.....	227
3.1. Практическая работа № 3. Планирование эксперимента и построение регрессионной модели	227
3.2. Практическая работа № 4. Методы измерения износа деталей	248
3.3. Практическая работа № 5. Влияние схемы сочетания пар трения на износ	267
4. РЕЗУЛЬТАТЫ СРАВНИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ НА ИЗНОС ДЕТАЛЕЙ МАШИН В РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ ТРЕНИЯ.....	280
4.1. Практическая работа № 6. Газотермические способы напыления. Предварительная обработка поверхности перед газотермическим напылением, определение и оценка его качества	280
4.2. Практическая работа № 7. Определение антифрикционных свойств смазок на машине трения МАСТ-М	290

4.3. Практическая работа № 8. Исследование антифрикционных свойств различных материалов на машине трения МИ-1	301
4.4. Практическая работа № 9. Исследование антифрикционных свойств различных материалов на машине трения плоскопараллельного перемещения	314
4.5. Практическая работа № 10. Исследование изнашивания материалов о закрепленный абразив	320
4.6. Практическая работа № 11. Исследование сопротивления усталости металлов и сплавов	336
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ КО II ЧАСТИ	356
ПРИЛОЖЕНИЕ А. Приборы для нарезания лунок на реальных деталях и характерные виды износов	359
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Образцы типов I, II, V и VIII по ГОСТ 25.502-79 для испытаний на усталость металлов и сплавов	362
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	366